COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS

DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX CENT CINQUANTE-TROISIÈME.

DEUXIÈME PARTIE : SEPTEMBRE-OCTOBRE **1961.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS & Cie, ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE

Quai des Grands-Augustins, 55.

1961



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1961.

PRÉSIDENCE DE M. Léon BINET.

M. René Fabre rend compte des travaux du Ve Congrès international de Biochimie qui a été organisé par la Société Biochimique de l'U. R. S. S., sous les auspices de l'Union internationale de Biochimie avec la coopération de l'UNESCO. Le Congrès a réuni du 10 au 16 août près de 5 000 participants. Les séances ont eu lieu dans le vaste bâtiment de l'Université de Moscou.

Parmi ces participants, environ 1 000 venaient des États-Unis, 600 de Grande-Bretagne et près de 300 de France. 35 des membres de la délégation française nommée par l'Académie des Sciences sont venus à Moscou.

La subvention accordée au Comité National de Biochimie par l'intermédiaire de l'Académie des Sciences a été répartie dès la fin août entre les membres de cette délégation, qui n'avaient pas reçu de subvention de la part d'Universités, soit huit membres.

Les travaux du Congrès se sont répartis entre huit symposiums et les communications présentées dans 28 sections. Pour ces huit symposiums, le nº 4, « Bases moléculaires de l'action et de l'inhibition des enzymes » fut présidé par un représentant français, le Professeur P. Desnuelle de Marseille. Les biochimistes français suivants avaient été invités à présenter des rapports à ces symposiums : G. Ducet, L. Sarda, L. Genevois, E. Lederer, M. Rovery, F. Jacob, A. Moyse, J. Roche. Les rapports de ces symposiums suscitèrent un vif intérêt et ils étaient présentés dans des salles où l'on pouvait obtenir la traduction simultanée et entendre le texte dans une des trois langues : français, anglais ou russe.

Près de 3 000 communications furent également présentées, dans les 28 sections. Il fut fait appel à plusieurs biochimistes français pour présider ces sections :

E. Lederer : Chimie des composés d'intérêt biologique;

Mme M. Grunberg-Manago : Biochimie des acides nucléiques et des nucléoprotéines;

J. E. Courtois : Biochimie des glucides;

P. Grabar : Immunochimie.

Les participants français ont présenté environ 80 communications et plusieurs fois furent amenés à présider des séances de travail.

Comme il est devenu de coutume dans les Congrès internationaux, la majeure partie des communications ont été faites en anglais, le russe et le français furent ensuite les deux langues les plus employées. On peut noter avec satisfaction que les biochimistes de nombreux pays se sont souvent exprimés en français, biochimistes des pays balkaniques, d'Italie, d'Espagne, de Belgique, de Suisse et d'Amérique du Sud. Le pourcentage des communications présentées en français était nettement plus élevé qu'au précédent Congrès international de Biochimie qui s'était tenu en 1958 à Vienne.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est invitée à se faire représenter à la réunion organisée par la ROYAL SOCIETY, à Londres, le 28 septembre prochain, en vue d'une coopération plus étroite entre les Académies des différents pays.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Bourgeon et bouton dans la langue scientifique française, du* XVIe *au* XVIIIe *siècle.* Note de M. **Lucien Plantefol** et Mlle **Anne-Marie Prévost.**

Les deux mots sont de formation populaire: *bouton* a le rôle scientifique principal; *bourgeon* présente pour les botanistes un sens tout différent de celui qu'il a aujourd'hui.

I. — Deux termes désignant les bourgeons des plantes, *oculus* et *gemma*, sont passés directement des œuvres anciennes à la langue scientifique latine du XVIe siècle (1). Aussi « œil » et « gemme », transcriptions françaises de *oculus* et de *gemma*, sont-ils les termes qu'on attendrait pour exprimer cette idée dans la langue scientifique française, au moment où celle-ci se définit, et surtout du XVIe au XVIIIe siècle.

On sait avec quelle lenteur les écrivains scientifiques ont abandonné le latin et la liste des Ouvrages botaniques ou pouvant comporter le recours à des termes botaniques, écrits en français avant 1 700, groupe au plus une vingtaine de titres. Ce sont les livres des apothicaires et ceux des voyageurs, puis des traductions : l'*Herbier* de Dodœns traduit par Clusius (2), l'*Histoire des Plantes* de Daléchamps traduite par Jean des Moulins (3); viennent plus tard l'Histoire et les Mémoires de l'Académie des Sciences, les *Essais*, en Physiologie végétale, de Mariotte et de Perrault (4), et la Botanique fait son vrai début avec la *Description des plantes de l'Amérique* de Plumier (1693) (5) et les *Éléments de Botanique* de Tournefort (1694) (6).

Avant que soit dépouillée de ce point de vue la masse importante des œuvres où l'emploi des termes scientifiques est fortuit, on doit penser trouver dans les dictionnaires la trace la plus fidèle du langage. On connaît l'importance pour l'histoire du français des dictionnaires français-latins du XVIe siècle : *Dictionnaire François-latin* imprimé par Robert Estienne (1549) (7); sous le même titre et « augmenté par Maître Jehan Thierry », une édition de 1572 (8); enfin au seuil du XVIIe siècle, le très remarquable *Thresor de la Langue françoise*, de Jean Nicot (9). Et ce sera seulement à la fin de ce siècle que presque simultanément le *Dictionnaire* de Furetière (10) et le *Dictionnaire de l'Académie française* (11) fixeront l'état de la langue.

On doit constater que les trois dictionnaires français-latin, dans lesquels le terme « œil » est parvenu à son orthographe actuelle, ne fournissent,

à côté des nombreuses locutions qu'ils traduisent, aucune indication d'un emploi botanique du terme.

Il est au contraire signalé par l'Académie française dès la première édition du *Dictionnaire* : « ŒIL, se dit aussi, De l'endroit par où sort le premier petit bourgeon de la vigne, et des autres plantes ». La seconde édition (1718), remplaçant « des autres plantes » par « des arbres fruitiers et continuant : « Et en termes d'agriculture, on dit *Enter un œil* pour dire Insérer un petit bourgeon dans un certain endroit de l'arbre », penche nettement vers le jardinage. La 4ᵉ édition (1762) donne une définition meilleure; ce n'est plus le point par lequel sort quelque chose, mais cette chose même : « et signifie cette petite excroissance qui se voit sur une tige ou sur une branche d'arbre et qui annonce une feuille, une branche, un fruit », texte que conserve encore, à peine modifié, la 8ᵉ édition (1932). La 6ᵉ édition (1835) introduit l'expression « Tailler à trois yeux », tandis que la 8ᵉ supprime l'exemple « enter à œil poussant, à œil dormant », considérant sans doute que le terme enter est vieilli. Bien que la 6ᵉ édition veuille que l'emploi du mot soit étendu à la Botanique, il est évident par les locutions qui ont accompagné la définition, que le terme n'a guère de rôle qu'en horticulture.

« Gemme », enregistré sous le sens « pierre précieuse, *gemma* » dans le Thierry, est accueilli tardivement par le Dictionnaire de l'Académie avec valeur d'adjectif (sel gemme), et ne devient substantif qu'à la 7ᵉ édition (1878). Mais c'est seulement à la 8ᵉ (1932) qu'apparaît : « En termes de Botanique, il signifie bourgeon ».

Littré ([12]), plus complet, fait place sous le n° 28 à un emploi courant, demeuré important, du mot œil : « Œil de la pomme de terre, petite saillie qui se voit dans les cavités de ce tubercule et d'où naissent des bourgeons aptes à produire de nouvelles plantes ». Dépression serait préférable à cavité et la petite saillie elle-même est un bourgeon. Quant à gemme : « 2. Terme de botanique. Nom donné à toutes les parties susceptibles de reproduire un végétal » est très correct.

Au total, les termes d'origine latine qui auraient dû constituer la langue savante sont pratiquement négligés.

II. — En effet ces termes sont rendus inutiles par des mots nouveaux, nés dans la langue vulgaire : bourgeon et bouton. Ils posent d'importants problèmes en ce qui concerne leur origine et leur définition précise.

1° Étymologie. — *Bourgeon*. — Hatzfeld et Darmstetter ([13]) déclarent bourgeon d'origine inconnue. On a énoncé diverses hypothèses étymologiques.

Ménage ([14]) le dérive de « *burrio* qui a été fait de *burra*. Les bourgeons des arbres ont quelque chose de velu et qui approche de la bourre ». Il y a en effet dans les bourgeons de la vigne une bourre brunâtre où sont cachées les feuilles; à une date plus récente Honnorat ([15]) relie *burra* à

l'adjectif *burrus*, roux. Du Cange le dérive de *turio*, qui désigne une pousse feuillée. Diez a pensé rattacher *burion* à une racine gotique *burjân*, s'élever, et Gamillscheg ([16]) indique qu'un mot gallo-romain *burrjo* aurait été le terme même duquel viendrait bourgeon. Enfin Gaston Paris ([17]) a proposé de trouver l'origine de bourgeon dans le latin *botryonem* qui signifie grappe de raisin et est employé par Palladius ([18]) et dans des textes latins du VIIe siècle. Comment passer de là à bourgeon ? la future grappe de raisin est en puissance dans le bourgeon; selon G. Paris, le changement de sens qu'il faut admettre est sans difficulté.

D'autre part les dialectes français fournissent des formes assez diverses : *borgeon* au Berry, *bourgeoun* en provençal, *bordon* en Picardie; et au même groupe de mots se rattacherait *brout* ou *broust* qui désigne les pousses des jeunes taillis au printemps, ce que brouteraient les bêtes sur une coupe de l'an passé; suivant Littré, une transposition de l'r permettrait une dérivation de *brout* vers bourgeon.

Bouton. — Avec bouton les difficultés sont sans doute moins grandes.

Du Cange (*in* Ménage, 1694) et Cazeneuve (*in* Ménage, 1750) ont pensé pouvoir le rattacher à la série des trois mots *botones*, *botontones* et *botontini* dont nous rencontrerons les deux derniers dans un recueil d'auteurs latins qui ont traité de l'arpentage ([19]); il s'agit « de petits monceaux de terre arrondis dont on faisait des rangées pour marquer les bornes et les limites des terres ».

Mais l'accord semble fait sur la dérivation de bouton à partir du verbe ancien *bouter*. Pour Ménage bouter viendrait du latin *pultare*, comme pousser de son doublet *pulsare* : on dit en Anjou que les arbres boutent « quand ils commancent au printans à pousser ». Gamillscheg au contraire dérive bouter d'un thème germanique *buttan* ou *button* de même sens.

Au total, il est vraisemblable que ces deux mots, bourgeon et bouton, sont également de formation populaire, sans aucun rapport avec la langue scientifique latine. On pense aussi que, s'ils ont eu des sens dérivés, le sens primitif est celui qui nous intéresse.

2° SÉMANTIQUE. — *Bourgeon.* — Avant de chercher bourgeon dans les œuvres françaises des botanistes, il faut s'adresser aux écrits des non-spécialistes. Le mot a certainement beaucoup intéressé Littré qui a réuni sur lui une documentation variée.

L'exemple le plus ancien est emprunté à Benoist de Sainte-Maure, continuateur de Wace pour la Chronique des Ducs de Normandie :

Bon burjon de bonne raîz (racine) *E de haut pere vaillant fiz.*

Puis du XIIIe au XVIe siècle, Littré énumère huit autres exemples, comportant la forme *borjon* au XIIIe, puis *bourgeon* à partir du XIVe. Souvent pris au figuré, le mot a son sens précisé dans deux cas :

XIIIe siècle. — *Barbier, or viennent les groiseles*; *Li groiselier sont boutoné, Et je vous raport les novelles, Qu'el front vous sont li borjon né.* Ruteb. 216.

Les bourgeons de Groseillier, au sens botanique du mot bourgeon, sont nés et formés dès l'automne qui précède la floraison; ici, le temps des groseilles est proche; *borjon* désigne les feuilles et les jeunes grappes dont les fleurs annoncent les fruits.

XVIe siècle. — « *Au temps d'enter en fente, un bon œil ou bourgeon est prins du greffe où il se trouve plus gros, bois et tout.* » O. de Serres, 374. C'est du bourgeon au sens botanique, sous ses écailles, qu'il s'agit.

Ainsi le mot bourgeon hésite entre deux sens : point végétatif au repos sous son enveloppe d'écailles, sens botanique, — jeune tige feuillée provenant du développement printanier, sens vulgaire ou sens des horticulteurs, que vient appuyer la présence du mot *bouton* et la précision parfaite des locutions : bouton à fleurs, bouton à bois. Bouton lui-même n'est pas exempt de critiques; il traduit aussi les termes anciens tels qu'*alabaster* utilisé par Pline ([20]) pour le bouton de rose; et dans bouton à fleurs et bouton de fleur, bouton a deux sens absolument différents.

Une première solution était de considérer que bourgeon et bouton sont synonymes; c'est celle des trois dictionnaires français-latins : on y trouve

à Bourgeon : « le Bourion ou bouton de la vigne, *Gemma* »;

à Bouton : « Le Bouton ou bourion de la vigne, *Gemma* »;

les articles s'enrichissent à chaque édition, leur composition est au total assez symétrique : ainsi les deux verbes bourgeonner et boutonner sont également traduits par *gemmare*.

Mais un des deux mots devait prendre la prééminence : bouton eut la faveur des botanistes du XVIIe et du XVIIIe siècles.

Par exemple Jean des Moulins, dans sa traduction de Daléchamps ([3]), l'utilise aux très rares endroits où l'auteur parle de ce que nous dirions des bourgeons. A propos de ceux des Peupliers, pour lesquels Daléchamps emploie *germen* dans son texte latin : « Les boutons qui sortent devant que les fueilles (que l'on appelle communement les yeux) sont odorans et pleins d'une humeur visqueuse et jaune desquels les apothicaires font l'onguent qu'ils appellent *Populeum* ». Ces mêmes boutons figurent dans une préparation de Myrepsicus et fournissent un cosmétique pour les femmes. Sans doute des Moulins répugne-t-il à parler de bourgeons à propos de tiges feuillées : il emploie petites branches, tendrons, surjons, jettons, scions. A défaut d'un dépouillement complet, il semble que bourgeon n'apparaisse qu'une fois, au sous-titre du chapitre XL, Livre XII : « *De l'Arbre aux Canards. Bourjeons d'Arbres changez en coquilles, et puis en Canards.* » Les 43 lignes de ce chapitre ne contiennent pas le mot bourgeon et la légende du dessin qui l'illustre est : « *Coquilles formées des surjeons des Arbres, produisant des Canards* ». Mais pour des Moulins, bouton a d'autres emplois, soit spécialisés : il parle à plusieurs reprises de bouton de rose, soit généraux : chez la rose encore, « ce bouton vert qui soustient la fleur... sur l'Automne, il se meurit et se fait rouge ».

Tournefort ([6]), avec la clarté qui caractérise son esprit, oppose *bouton* qui conserve le sens précédent et *bourgeon* qui est à ses yeux la traduction de *surculus* et de *turio* et désigne les jeunes pousses des plantes. Dans son Histoire des Plantes, il paraît employer uniquement bouton, par exemple pour la préparation de l'Onguent *Populeum*.

Le dictionnaire de l'Académie (1694) enregistre à peu près les réactions des botanistes et présente les deux mots. C'est *bouton* qui est essentiel, car c'est lui qui reçoit une définition autonome : « Ce que les arbres et les plantes poussent et d'où se forment les feuilles et les fleurs ». Définition peu heureuse, car les arbres sont des plantes, et définition trop vague. Pour *bourgeon* : « le bouton qui pousse aux arbres ». Les exemples donnés sont nets : après « *bouton à fleur* » et « *bouton à fruit* », « *il y a bien des boutons à cet arbre* », constatation de l'arboriculteur dans son verger. « *Au mois de mars on commence à voir les bourgeons aux arbres* », c'est-à-dire de la verdure qui se développe. « *Le bourgeon commence à sortir* », ce qui implique une longue croissance de ce bourgeon. « Il se prend aussi pour le nouveau jet de la vigne. *Il faut aller couper les bourgeons à la vigne* », autrement dit : il faut « ébourgeonner », tailler les bourgeons qui sont les pousses développées depuis le printemps, ou les enlever complètement.

Les corrections de la 2e édition rendent franchement mauvaise la définition de *bouton* : « Le petit bourgeon que poussent les arbres et les plantes... ». Bouton défini par bourgeon, comme bourgeon est défini par bouton; « petit » qui est imprécis; « arbres et plantes », repris de la définition antérieure, et maintenant la généralisation à toutes les plantes des bourgeons que John Ray ([21]) a montré présents sur les seuls arbres et arbustes. La définition de bourgeon n'est guère meilleure : « Le bouton qui pousse aux arbres et aux arbrisseaux et d'où il vient ensuite des branches, des feuilles, ou du fruit . » Les 3e et 4e éditions reproduisent ces définitions.

Soixante ans après les leçons de Tournefort, Duhamel du Monceau ([22]) est plus net encore. « Le tronc se divise... en plusieurs portions qui se nomment Branches.... Les plus petites s'appellent jeunes Branches ou Rameaux, et celles qui se développent actuellement se nomment Bourgeons. » Au début du Livre II, *Des Boutons, des Fleurs et des Fruits* : « il se forme... dans l'aisselle des feuilles... de petits corps ordinairement conoïdes; c'est ce qu'on nomme les *boutons* ». Et cet exemple, à propos d'une expérience, est probant : « Au printemps, il sort du bouton *b* un bourgeon qui s'élève jusqu'en *c*...; le printemps suivant, le bouton *c* s'ouvre; il en sort un bourgeon qui s'élève jusqu'en *d* ».

Dans *La Pratique du Jardinage*, l'abbé R. Schabol ([23]) écrit, dans le chapitre : *de l'ébourgeonnement* : « Depuis le printemps, leurs bourgeons alongés et multipliés forment un touffu difforme.... Les bourgeons... se trouvant à l'aise poussent et s'allongent; leurs yeux, leurs boutons pour l'année suivante se forment et se façonnent ».

Ainsi la science et la pratique sont d'accord; le vocabulaire paraît fixé. On pourrait penser que rien ne changera désormais si une découverte importante ne vient pas, en introduisant ses mots nouveaux, obliger en ce domaine à un réajustement des termes anciens. Et pourtant, sans découverte marquante, le XIXe siècle va remettre en question cette nomenclature.

(1) A.-M. Prévost, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2487.

(2) R. Dodoens, *Histoire des Plantes*, nouvellement traduite de bas Aleman en François par Charles de l'Escluse, Anvers, 1557.

(3) J. Dalechamps, *Histoire générale des Plantes*, faite Françoise par Me J. des Moulins, Lyon, 1615.

(4) Mariotte, *Premier Essay de la Végétation des Plantes*, 1679; M. Perrault, *Essais de Physique*, 1680.

(5) C. Plumier, *Description des Plantes de l'Amérique*, 1693.

(6) Pitton Tournefort, *Éléments de Botanique*, 1694.

(7) R. Estienne, *Dictionnaire François-Latin*, 1549.

(8) J. Thierry, *Dictionnaire François-Latin*, augmenté par Maître Jehan, T. 1572.

(9) J. Nicot, *Thresor de la Langue Françoise*, 1606.

(10) A. Furetière, *Dictionnaire Universel*, 1691.

(11) *Dictionnaire de l'Académie Françoise*, 1694; 2e éd., 1718; 3e éd., 1740; 4e éd., 1762; 5e éd., 1825; 6e éd., 1835; 7e éd., 1878; 8e éd., 1932.

(12) E. Littré, *Dictionnaire de la Langue française*, 1885.

(13) A. Hatzfeld et A. Darmstetter, *Dictionnaire général de la Langue française*, 1900.

(14) Ménage, *Dictionnaire étymologique*, 1694 et 2e éd., 1750.

(15) S. Honnorat, *Dictionnaire Provençal-Français*, 1846.

(16) E. Gamillscheg, *Etymologisches Wörterbuch der französischen Sprache*, 1928.

(17) G. Paris, *Romania*, 24, 1895, p. 612.

(18) Palladius, *De re rustica*.

(19) *Gromatici veteres*, Lachmann, 1848, p. 315 et 361.

(20) C. Plinius Secundus, *Naturalis Historiæ libri* XXXII, 21, 14.

(21) J. Ray, *Methodus Plantarum Nova*, 1682.

(22) Duhamel du Monceau, *La Physique des Arbres*, 1758.

(23) R. Schabol, *La pratique du Jardinage*, 1770.

(*Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.*)

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie et classification. Mode d'expression du système embryogénique périodique. Séries divergentes.* Note de M. **René Souèges**.

Par séries divergentes, c'est-à-dire par une suite de propositions découlant les unes des autres, on peut arriver à définir certaines familles embryogéniques ayant pour chef de file un archétype ou un simple type représentatif. Dans ces familles, par de nouvelles divisions on peut encore déterminer la catégorie des types embryonomiques et même approcher de l'unité systématique.

A la suite des Notes précédentes relatives au rôle de l'embryologie dans la classification et à une systématique des types embryonomiques, on s'est montré surpris, de divers côtés, de ne pas connaître cet essai de systématique dont il était question et auquel il était demandé de se reporter, ce qui en avait été publié, en 1939 [1], étant méconnu ou ayant été trop succinctement exposé.

Une classification, en général, se représente d'une manière synthétique par des diagrammes ou des dispositifs divers qui permettent de saisir d'un seul coup d'œil les rapports d'interdépendance des groupements établis. A cet égard, plusieurs modes de représentation ont été proposés, par exemple, celui d'*arbres* généalogiques, de *cartes géographiques* avec *réseaux d'affinités*, de *systèmes réticulaires* à trois dimensions dans l'espace ou à deux directions dans un plan. Les procédés à *tableaux linéaires* et à *séries divergentes* entrent dans la catégorie de ces derniers systèmes; ils sont généralement adoptés.

Avec les tableaux linéaires, les types embryonomiques, dans chaque période, sont partagés en *huit groupes embryogéniques* disposés en files ou colonnes verticales et en *six mégarchétypes* prenant place en files ou rangées horizontales; à l'intersection des deux files se trouvent déterminées 48 cases réservées aux familles. Le même dispositif se reproduit à toutes les périodes successives, de sorte que, au premier réseau dans un plan, se substitue, dans l'espace, selon une troisième direction, une suite ininterrompue de réseaux superposés. Une nouvelle représentation de ces tableaux, autant que possible complétés à l'aide des données les plus récentes, sera ultérieurement publiée.

Avec les séries divergentes, découlent les unes des autres diverses propositions plus ou moins nombreuses conduisant finalement par divisions et subdivisions à l'unité recherchée. C'est le procédé qu'emploient ces guides que sont les « flores », systèmes purement artificiels cherchant uniquement la *détermination* rapide des espèces morphologiques ordinaires.

Dans une méthode vraiment naturelle, phylogénétique, l'échelle des divisions successives sera fondée sur des différences *essentielles*, tirées des parentés les plus lointaines et les plus profondes, faisant ressortir toute la valeur des divers ordres de caractères, dominateurs, coordonnés et

subordonnés. Une telle construction, solidement étayée sur des rapports rationnels, ne peut que conduire logiquement à tous les degrés de complication, à la *diversification* réalisée au cours de la descendance. Dans ces diversifications, il sera aisé de reconnaître, à ce double critère des différenciations précoces et des processus plus ou moins simplifiés du développement, celles qui se sont exercées dans le sens de la *perfection*, cette dernière se traduisant dans tous les cas par « le maximum de travail dans le minimum de temps ».

La première des différenciations précoces est certainement celle qui préside à la séparation des potentialités constructives et sécrétrices de l'œuf et du proembryon; les premières se condensent dans la région du pôle germinatif, tandis que les deuxièmes occupent d'une manière de plus en plus exclusive celle du pôle végétatif. Il en résulte qu'on peut, dès le début, établir dans notre système, une suite de grandes divisions ou *périodes* en faisant abstraction des blastomères inférieurs qui sont tout à fait dépourvus de potentialités constructives, et qu'on peut ensuite définir, dans chaque période, six mégarchétypes en considérant la part de plus en plus réduite que prennent à la construction du corps la cellule basale, *cb*, ou ses descendantes, *cd*, *cf*, etc.

Système embryogénique périodique en séries divergentes.

I. — *Première période* (Les lois sont applicables à l'œuf).

Premier à huitième groupes embryogéniques.

1° Tétrade *première* en A_1 ou A_2 (série A) : Premier groupe embryogénique.

2° Tétrade *première* en B_1 ou B_2 (série B) : Deuxième groupe embryogénique.

3° Tétrade *première* en C_1 ou C_2 (série C) :

Tétrade *deuxième* en A (sous-série *a*).	Tétrade 2e en A_1 :	Troisième groupe
	» A_2 :	Quatrième »
Tétrade *deuxième* en B (sous-série *b*).	» B_1 :	Cinquième »
	» B_2 :	Sixième »
Tétrade *deuxième* en C (sous-série *c*).	» C_1 :	Septième »
	» C_2 :	Huitième »

Premier groupe :

Mégarchétype I	($cb = pvt + phy + icc + iec + co + s$).....	Famille du *Muscari*
» II	($cb = phy + icc + iec + co + s$)...........	» *Senecio*
» III	($cb = 1/2\ phy + icc + iec + co + s$)........	» *Polygonum*
» IV	($cb = icc + iec + co + s$).................	» *Myosurus*
» V	($cb = co + s$)...........................	» *Circæa*
» VI	($cb = s$)..............................	» *Coronilla*

Deuxième groupe : Mêmes formules du Mégarchétype. Sont seuls représentés :

Mégarchétype II :	Famille du *Geum*	Mégarchétype IV :	Famille du *Soja*
» III :	» *Viola*	» V :	» *Trifolium*

Troisième groupe :

Mégarchétype I :	Famille du *Gasteria*
» II :	» *Gilia*
» III :	» *Chenopodium*
» IV :	» *Helianthemum*
» V :	» *Hyoscyamus*
» VI :	» *Cuscuta*

Quatrième groupe : Sont seuls représentés jusqu'ici les deux Mégarchétypes suivants :

Mégarchétype III, avec *Linum* comme représentant irrégulier;
» V, avec *Solanum* comme représentant irrégulier.

Cinquième groupe : Seuls représentés jusqu'ici les deux Mégarchétypes suivants :

Mégarchétype III : Famille du *Myosotis*;
» V : » *Polemonium*;

Sixième groupe : Pas encore de Mégarchétype représenté.

Septième groupe : Seul représenté le Mégarchétype V, avec *Echium*, irrégulier.

Huitième groupe : Seuls représentés les deux Mégarchétypes suivants :

Mégarchétype III, avec *Amarantus*, irrégulier;
» V, avec *Solanum*, irrégulier.

II. — *Deuxième période* (Les lois s'appliquent à *ca*, cellule-fille supérieure de l'œuf). Neuvième à seizième groupes embryogéniques.

1° Tétrade *deuxième* en A_1 ou A_2 (série A′) : Neuvième groupe embryogénique.
2° Tétrade *deuxième* en B_1 ou B_2 (série B′) : Dixième groupe.
3° Tétrade *deuxième* en C_1 ou C_2 (série C′) :

Tétrade *troisième* en A (sous-série *a′*).	Tétrade 3e en A_1 :	Onzième groupe
	» A_2 :	Douzième »
Tétrade *troisième* en B (sous-série *b′*).	» B_1 :	Treizième »
	» B_2 :	Quatorzième »
Tétrade *troisième* en C (sous-série *c′*).	» C_1 :	Quinzième »
	» C_2 :	Seizième »

Neuvième groupe :

Mégarchétype	I ($cd = pvt + phy + icc + iec + co + s$).....	Famille du *Sagittaria*
»	II ($cd = phy + icc + iec + co + s$)...........	» *Campanula*
»	III ($cd = 1/2\ phy + icc + iec + co + s$)........	» *Samolus*
»	IV ($cd = iec + co + s$	» *Hypericum*
»	V ($cd = co + s$)...........................	» *Plumbago*
»	VI ($cd = s$)................................	» *Medicago*

Dixième groupe : Mêmes formules des Mégarchétypes. Sont seuls représentés :

Mégarchétype II : Famille du *Tribulus* Mégarchétype VI : Famille du *Pisum*

Onzième groupe :

Mégarchétype I :	Pas encore représenté	Mégarchétype IV :	Famille du *Drosera*
» II :	Famille du *Sagina*	» V :	» *Armeria*
» III :	» *Corema*	» VI :	» *Ervum*

Douzième groupe : Pas encore représenté.

Treizième groupe : Sont seuls représentés les Mégarchétypes suivants :

Mégarchétype III, avec *Ligustrum*, irrégulier;
» V, avec *Chelidonium*, irrégulier;
» VI : Famille du *Fumaria*.

Quatorzième groupe : Seul représenté le Mégarchétype III, avec *Apium*, irrégulier.

Quinzième groupe : Seuls représentés les deux Mégarchétypes suivants :

Mégarchétype V, avec *Chelidonium*, irrégulier;
» VI : Famille du *Lens*.

Seizième groupe : Seul représenté le Mégarchétype V, avec *Chelidonium*, irrégulier.

III. — *Troisième période* (Les lois s'appliquent à *cc*, cellule petite-fille de l'œuf).
Dix-septième à vingt-quatrième groupes.

1° Tétrade *troisième* en A_1 ou A_2 (série A″) : Dix-septième groupe embryogénique.
2° Tétrade *troisième* en B_1 ou B_2 (série B″) : Dix-huitième groupe.
3° Tétrade *troisième* en C_1 ou C_2 (série C″) :

Tétrade *quatrième* en A (sous-série *a*″).	Tétrade 4e en	A_1 :	Dix-neuvième groupe
	»	A_2 :	Vingtième »
Tétrade *quatrième* en B (sous-série *b*″).	»	B_1 :	Vingt-et-unième »
	»	B_2 :	Vingt-deuxième »
Tétrade *quatrième* en C (sous-série *c*″).	»	C_1 :	Vingt-troisième »
	»	C_2 :	Vingt-quatrième »

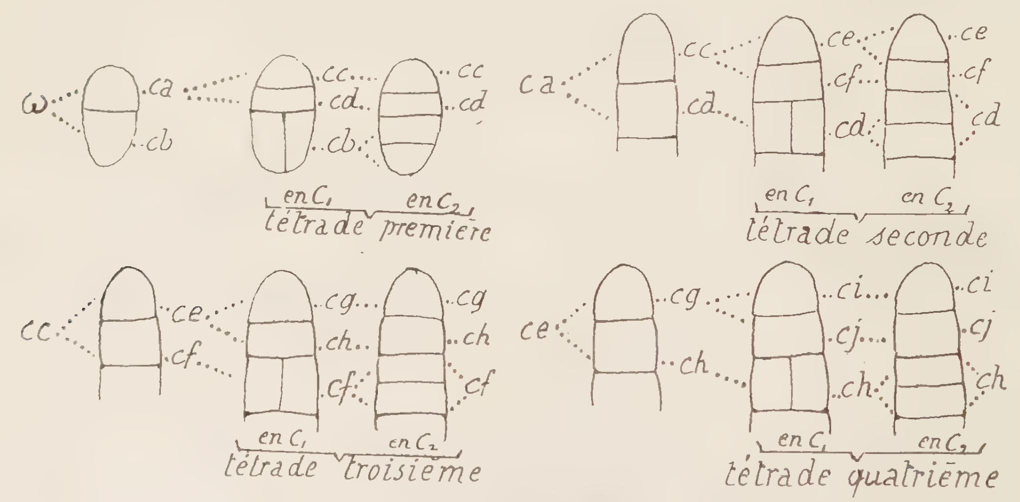
Les formules des Mégarchétypes s'établissent d'après les destinées de *cf*, cellule-fille inférieure de *cc*.

Dans cette 3e période les seuls représentants jusqu'ici observés sont. — Le *Trigonella*, du 17e groupe, Mégarchétype II. — Le *Cicer* (irrégulier) du 18e groupe avec tétrade 3e en B_1, du 19e groupe avec tétrade 3e en C_1, du 21e groupe avec tétrade 4e en B_1; dans tous les cas Mégarchétype VI. — L'*Argemone* du 21e groupe avec tétrade 3e en C_2 et 4e en B_1, Mégarchétype IV. — L'*Hypecoum* (irrégulier) du 21e groupe avec tétrade 4e en B_1 et du 23e groupe avec tétrade 4e en C_1, Mégarchétype IV.

IV. — *Quatrième période* (Les lois s'appliquent à *ce*, arrière-petite-fille de l'œuf).
Vingt-cinquième à trente-deuxième groupes.

Les formules des Mégarchétypes s'établissent d'après les destinées de *ch*, cellule-fille inférieure de *ce*.

Le *Corydalis* (irrégulier) est jusqu'ici le seul représentant connu de cette période; il se range dans le 29e groupe avec tétrade 1re, 2e, 3e et 4e en C_1, 5e en B_1; Mégarchétype V.



Signification des lettres désignant les blastomères constitutifs des tétrades aux quatres premières périodes.

Tout le dispositif qui précède se rapporte à la première partie, la plus importante, du système embryogénique, une deuxième partie vient s'y ajouter qui comprend l'histoire de chacune des familles auxquelles a conduit la première. On peut donner à cette histoire le mode de présentation

ci-après, qui, par de nouvelles divisions et subdivisions, conduira automatiquement à l'unité systématique, au taxum du système, autrement dit au type embryonomique de base, différant de tous les autres par des caractères particuliers de plus ou moins grande valeur.

Histoire particulière de la famille embryogénique.

I. Reproduction du « Tableau récapitulatif des lois du développement » de l'Archétype ou de tout autre type représentatif de la famille.

I. Détermination des différents types qui se rattachent à l'Archétype, basée sur les formules du tableau récapitulatif :

1. Types qui reproduisent exactement le tableau de l'Archétype sans modifications des formules.
2. Types qui se distinguent par modifications des formules :

A la deuxième génération, tétrade *première* :

— en A_1, B_1 ou C_1.......................... Proarchétypes (*Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1536-2045)

— en A_2, B_2 ou C_2.

- Modifications dans les lois de l'Archétype
  - Dans les lois des origines et destinées des blastomères....... Sous-archétypes (*Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2481)
  - Dans les lois du nombre et disposition des blastomères....... Types secondaires ou dérivés (*Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2481)
- Modifications par superposition d'Archétypes ou Sous-archétypes. Types par superposition (*Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2650)
- Modifications par irrégularités plus ou moins bien définies......... Types irréguliers (*Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3167)

Les types irréguliers peuvent ensuite être subdivisés d'après leurs degrés d'irrégularité; les autres d'après les caractères tirés des formules des lois du développement. A remarquer que les formules des tableaux des lois des types par superposition sont empruntées aux tableaux des superposants, ce qui a pu faire écrire que ces types ne possédaient pas de lois propres du développement.

On peut donner, à titre d'exemple d'application de cette deuxième partie du système, le mode de répartition, au sein de la famille du *Senecio*, des types embryonomiques qui en font partie (en désignant ces types uniquement par le nom générique de la plante).

Famille embryogénique du *Senecio* : 1. Types conformes à l'Archétype : *Urtica*, *Malva*, par exemple. — 2. Proarchétypes : *Tilia*, *Lycopsis*, par exemple. — 3. Sous-archétypes : *Oxalis*, *Houttuynia*, par exemple. — 4. Types secondaires ou dérivés : toutes les Composées avec trois assises sous-épidermiques à *pco*, avec deux assises d'*iec* à *n*; avec suspenseur filamenteux plus ou moins allongé développé aux dépens de *p* [*voir* J. Vernin (2)]. — 5. Types par superposition : *Claytonia*, *Polygala*, par exemple. — 6. Types irréguliers : *Lamium*, *Valerianella* (avec tétrades en A_1 et A_2), *Leycesteria*.

Entreprendre l'histoire de chacune des familles embryogéniques qui ont été distinguées, c'est certainement faire œuvre fort prématurée. Le dispositif dont il vient d'être fait état n'est qu'un grossier schéma; il n'est pas possible pour le moment d'entrer dans de plus grands détails.

Il faut examiner un très grand nombre d'espèces de manière à réunir assez d'éléments pour permettre, dans chaque cas, de se livrer à un travail assez complet d'embryologie comparée, mettant en lumière tous rapports rationnels nécessaires à l'établissement d'une méthode naturelle solidement affermie de classification.

Certainement la tâche à accomplir demandera plusieurs générations de chercheurs car elle s'annonce immense et, de plus, hérissée de difficultés. Avec d'Arcy W. Thompson (3) on est en droit de rappeler que les problèmes du développement sont « de la plus formidable complexité ». On peut même ajouter inextricables. Mais notre curiosité scientifique trouve précisément, dans ces difficultés, un puissant stimulus. La fécondité du sujet a déjà été nettement démontrée ; notre confiance dans le succès des futures recherches reste entière.

(1) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc., Hermann, 1939, Paris, p. 81 à 82; *La cinématique de la vie*, s. d., Flammarion, Paris, p. 62 et 63.

(2) J. Vernin, Développement du sac emb., de l'alb. et de l'emb. chez les Composées *Thèse Doct. Univ.* (*Pharmacie*), Paris, 1952].

(3) R. Souèges, *Les lois du développement*, Hermann, 1937, Paris, p. 88.

(*Laboratoire de Botanique générale, Faculté de Pharmacie, Paris.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Promenade symétrique au hasard.*

Note (*) de M. **Lawrence Shepp**, transmise par M. Maurice Fréchet.

On donne des conditions sur le comportement à l'infini d'une f. de r. symétrique, équivalentes à la transitivité de la promenade au hasard correspondante engendrée par F. Si une promenade symétrique au hasard dans les cas d'une ou de deux dimensions a des pas plus petits qu'une promenade au hasard récurrente unimodale, elle doit être récurrente. Un contre-exemple assez difficile à établir montre que l'unimodalité est nécessaire.

Soient $X_1, X_2, \ldots, X_n, \ldots$ des variables aléatoires (v. a.) indépendantes avec la même fonction de répartition (f. de r.) F. Si $S_n = X_1 + X_2 + \ldots + X_n$ tend vers $\pm\infty$ p. p., F est dite *transitoire*; dans le cas contraire, $\liminf |S_n| = 0$ p. p. et F est dite *récurrente.*

Théorème 1. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction de répartition symétrique soit transitoire est que*

$$\int_1^{\infty} \left\{ \int_0^t x \left(\sum_{n=0}^{\infty} F(2(n+1)t - x) - F(2nt + x) \right) dx \right\}^{-1} dt < \infty.$$

C'est une condition sur le comportement à l'infini de la f. de r.

Auparavant [1], des conditions avaient été données en termes de la transformée de Fourier-Stieltjes de F. La condition précédente est assez difficile à vérifier, même dans les cas les plus simples. Pour une classe de f. de r. suffisamment lisses, y compris la classe unimodale, il est possible d'établir la condition bien plus simple qui suit.

Définition. — Une f. de r. est *convexe à l'infini* s'il existe deux nombres a et b tels qu'elle soit convexe (d'au-dessous) pour $x < a$ et convexe (d'au-dessus) pour $x > b$.

Théorème 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction de distribution symétrique, convexe à l'infini soit transitoire est que l'intégrale*

$$\int_1^{\infty} \left\{ \int_0^t x(1 - F(x))\, dx \right\}^{-1} dt \qquad (1.1)$$

soit finie.

D'après Birnbaum [2], si $F(x) \leq G(x)$ pour $x \geq 0$, F, G symétriques, nous dirons que F est *moins pointue* (*peaked*) que G autour de l'origine, et écrirons $F < G$.

Théorème 3. — *Soient* F *et* G *deux fonctions de répartition symétrique,* F *convexes à l'infini. Si* $F < G$, *alors récurrence de* F *entraîne récurrence de* G.

Si l'on enlève la restriction sur la convexité de F, le théorème n'est

plus vrai; c'est-à-dire, il y a une suite de v. a. indépendantes $\{X_k\}$ et une autre suite de v. a. indépendantes $\{Y_k\}$ telles que :

1° $\operatorname{sgn} X_k = \operatorname{sgn} Y_k$, $|Y_k| \leqq |X_k|$ partout;

2° X_k ont F pour f. de r., et F est récurrente, c'est-à-dire

$$\liminf |X_1 + \ldots + X_n| = 0 \quad \text{p. p;}$$

3° Les Y_k ont G pour f. de r., et G est transitoire, c'est-à-dire

$$|Y_1 + \ldots + Y_n| \to \infty \quad \text{p. p.}$$

En effet, on peut choisir les variables aléatoires telles que

$$P\{X_k = -2^{n^2}\} = P\{X_k = 2^{n^2}\} = \frac{1}{2^{n^2}} 2^n n^2 \qquad (n \geqq 3),$$

$$P\{X_k = 0\} = 1 - 2\sum_{n=3}^{\infty} \frac{1}{2^{n^2}} 2^n n^2$$

et $Y_k = \theta_k X_k$, où toutes les v. a. X_k et θ_n sont indépendantes et les v. a. θ_n sont distribuées uniformément sur l'intervalle (0, 1).

Dans la démonstration des théorèmes précédents on utilise la forme suivante de la caractérisation de Khinchine [3] des f. de r. unimodales :

Théorème 4. — *La v. a. Y a une distribution unimodale si, et seulement si, il y a une v. a. Y′ avec $\mathcal{L}(Y) = \mathcal{L}(Y')$ telle que $Y' = X\theta$, où les v. a. X et θ sont indépendantes et θ est distribuée uniformément sur l'intervalle* (0, 1). *De plus, la distribution uniforme est la seule à posséder cette propriété.*

Nous allons maintenant étendre ces résultats au cas de deux dimensions.

Définition. — Dans le cas de deux dimensions, si R est un rectangle centré à l'origine à côtés parallèles aux axes de coordonnées, et si $F\{R\} \leqq G\{R\}$ pour tout R, nous dirons que F est *moins pointue* que G autour de l'origine et écrirons $F < G$. Si en tant que mesures, F et G sont symétriques par rapport aux axes de coordonnées, la définition devient $F(x, y) \leqq G(x, y)$ pour tout $x > 0$ et $y > 0$.

Théorème 5. — *Soient* F *et* G *des fonctions de répartition à deux variables, symétriques,* F *unimodale. Si* $F < G$, *alors la récurrence de* F *entraîne la récurrence de* G.

Ici F est dite unimodale s'il y a un vecteur aléatoire (X, Y) à loi F telle que $(X, Y) = (X_1\theta_1, Y_1\theta_2)$ où (θ_1, θ_2) et (X_1, Y_1) sont indépendentes, et (θ_1, θ_2) est distribuée uniformément sur le carré unité.

Le problème discuté ci-dessus n'a de sens que dans le cas de v. a. à une ou à deux dimensions. Car, dans le cas de v. a. à plus de deux dimensions, il n'y a pas de promenade au hasard récurrentes.

(*) Séance du 28 août 1961.

(1) Chung et Fuchs, *Amer. Math. Soc.*, Memoir 6.

(2) Z. W. Birnbaum, *Ann. Math. Stat.*, 19, 1948.

(3) Gnedenko et Kolmogorov, *Limit Distributions of Sums of Independent Random Variables*, Addison Wesley, 1954.

COUCHES MINCES. — *Préparation de couches minces semi-conductrices d'arséniure de gallium.* Note (*) de M. **Santo Martinuzzi**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Introduction. — Pour réaliser des héliopiles de grande surface et en couches minces, avec un matériau susceptible de présenter un grand rendement de conversion pour la transformation de l'énergie solaire en énergie électrique, nous avons choisi l'arséniure de gallium. Ce choix nous a été dicté notamment par les travaux de H. J. Loferski et R. E. Halsted [1], [2].

1. *Situation du problème.* — La préparation des couches minces d'arséniure de gallium par évaporation thermique sous vide présente de sérieuses difficultés provenant d'une différence très accusée entre les tensions de vapeur des éléments constituants. En effet, le gallium fond à 29,75°C et son point d'ébullition est à 1983°C, tandis que l'arsenic se sublime dès 400°C. La figure 1 illustre cette différence : elle représente les tensions de vapeur des éléments constituants et celle de l'alliage (en supposant que la phase vapeur est uniquement constituée d'arsenic) en fonction de l'inverse de la température [3], [4].

Dans de telles conditions, l'évaporation directe du composé est impossible; l'évaporation alternative des éléments constituants en proportions stœchiométriques, suivie de recuits, ne donne pas de bons résultats parce que l'arsenic se sublimant sous vide élevé dès 250°C et se propageant alors dans toutes les directions, il est très difficile de recevoir sur le support une quantité déterminée de cet élément.

C'est pourquoi nous avons adopté la méthode qui avait permis à K. G. Günther de réaliser des couches minces de InAs dont la préparation pose des problèmes très voisins [5].

Cette méthode consiste à évaporer un très large excès d'arsenic et à porter le support à une température telle que le composé qui s'y dépose ne subisse aucune altération, tandis que l'arsenic non associé au gallium est réévaporé. Pour un domaine de température convenable défini par la figure 1, seul le composé stœchiométrique se condense sur le support.

2. *Dispositif expérimental.* — L'appareillage et les dispositifs de mesure ont déjà été décrits [6], [7]. Le support où se fait la condensation est en contact avec une plaque de cuivre qui peut se déplacer verticalement dans l'enceinte vidée et venir ainsi au contact d'un four ou d'un réfrigérant.

La température du support peut alors varier entre — 150 et + 500°C.

Le gallium utilisé est spectroscopiquement pur tandis que le taux de pureté de l'arsenic est de 99,99 %.

3. *Résultats.* — Nous avons constaté que l'intervalle de température compris entre + 150 et + 300°C était le plus convenable. La figure 2 donne la variation de la conductibilité électrique en fonction de la tempé-

rature pour différentes couches, tandis que la figure 3 compare la transmission infrarouge de l'une des couches, à la courbe obtenue à partir du

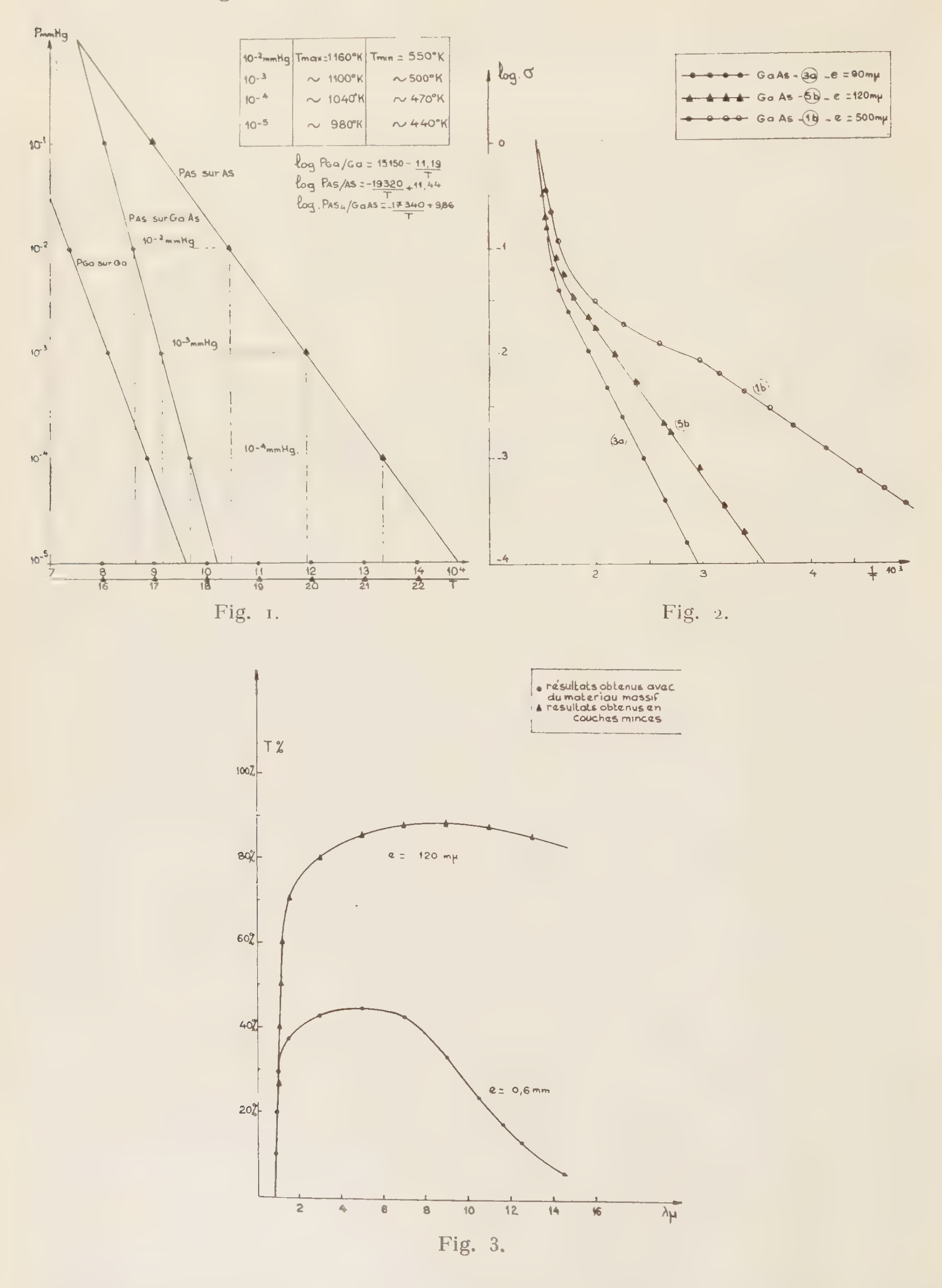


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

composé massif ([8]), pour une épaisseur de 0,6 mm. Les valeurs faibles des conductibilités sont dues beaucoup plus au « trapping » des porteurs

de charge qu'à une très haute pureté du composé. Les mesures d'effet Hall sont alors difficiles et peu reproductibles.

Aussi nous essayons actuellement d'améliorer la structure des couches minces obtenues afin d'obtenir un matériau susceptible d'applications photoélectriques.

(*) Séance du 16 août 1961.

(1) H. J. Loferski, *J. Appl. Phys.*, 27, n° 7, 1956, p. 777.

(2) R. E. Halsted, *J. Appl. Phys.*, 28, n° 10, 1957, p. 1131.

(3) G. Ranc, Rapport C. E. A., n° 1117, 1959.

(4) T. Renner, *Solid State Physics*, 1, 1960.

(5) K. G. Günther, *Z. Naturf.*, 13 *a*, n° 12, 1958.

(6) S. Martinuzzi, *J. Phys. Rad.*, 22, n° 4, 1961, p. 247.

(7) S. Martinuzzi, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1314.

(8) R. Barrie, F. A. Cunnell, J. T. Edhond et I. M. Ross, *Physica*, 20, n° 11; Amsterdam conférence semiconductors, 1954.

(*Laboratoire de Physique du Solide en Couches Minces, Faculté des Sciences, Alger.*)

MAGNÉTOAÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'origine de l'ionisation observée dans les tubes de choc à soufflage magnétique.* Note (*) de M. **Michel Cloupeau**, transmise par M. Joseph Pérès.

Diverses observations effectuées sur les tubes de choc à soufflage magnétique, en particulier au cours de l'étude de la réflexion des ondes de choc [1], montrent que dans de nombreux cas, l'émission lumineuse intense observée derrière les ondes incidentes ne peut pas provenir de l'ionisation du gaz par effet thermique au passage de l'onde de choc, et doit donc provenir de l'ionisation produite par la décharge électrique elle-même.

Pour expliquer la propagation dans le tube de l'ionisation produite par l'étincelle, on peut supposer que le plasma de décharge lui-même est projeté loin des électrodes. Pour vérifier expérimentalement cette hypothèse, nous avons utilisé un tube dans lequel on maintient initialement entre les électrodes un gaz de nature différente de celui qui remplit le reste du tube : l'étude spectrographique de la lumière émise derrière l'onde de choc permet alors de déterminer jusqu'où s'étend le plasma de décharge.

Le dispositif employé est schématisé figure 1 : deux gaz différents G_1 et G_2 sont introduits aux extrémités d'un tube en H de 20 mm de diamètre intérieur, et pompés en permanence au niveau du tore P placé à 25 mm de la paire d'électrodes E_1. Lorsque la vitesse du gaz G_2 dans la direction E_2P est suffisamment élevée, la diffusion des molécules du gaz G_1 dans la direction PE_2 n'est plus observable; le gaz G_2 reste pur entre le tore de pompage et la paire d'électrodes E_2.

On peut également choisir la vitesse du gaz G_1 pour que le gaz G_2 ne dépasse pas P, ou, au contraire, admettre un pourcentage important de gaz G_2 entre les électrodes E_1; dans ce dernier cas, le gaz G_1 joue seulement le rôle d'un « traceur » dans le gaz G_2.

Des décharges condensées de faible énergie entre les électrodes auxiliaires *a* et *b* permettent de vérifier par spectrographie l'efficacité de cette « méthode des débits multiples ». Les vitesses nécessaires pour éviter la diffusion d'un gaz dans l'autre sont suffisamment faibles par rapport à la célérité du son pour que la pression statique initiale soit pratiquement la même dans tout le tube, et correspondent à des déplacements négligeables des gaz pendant la durée des phénomènes lumineux à étudier.

Nos expériences ont porté sur les couples de gaz H_2-He et N_2-A, à des pressions initiales (p_0) comprises entre 0,5 et 10 mm Hg, et pour des tensions de charge des condensateurs (V) comprises entre 10 et 25 kV.

Les figures 2 et 3, qui sont un exemple des enregistrements obtenus, correspondent aux conditions suivantes :

Entre E_1 et P; gaz G_1 : hélium;

Entre E_2 et P; gaz G_2 : hydrogène;

$p_0 = 2$ mm Hg; $C = 1\,\mu F$; $V = 15$ kV; fréquence du courant oscillant de décharge : 300 kc.

La figure 2 représente l'évolution de l'émission lumineuse le long du tube de la figure 1 lorsqu'on déclenche les deux éclateurs e_1 et e_2, et la figure 3 est une partie du spectre correspondant, qui est résolu dans l'espace mais non dans le temps. La comparaison de ces deux figures

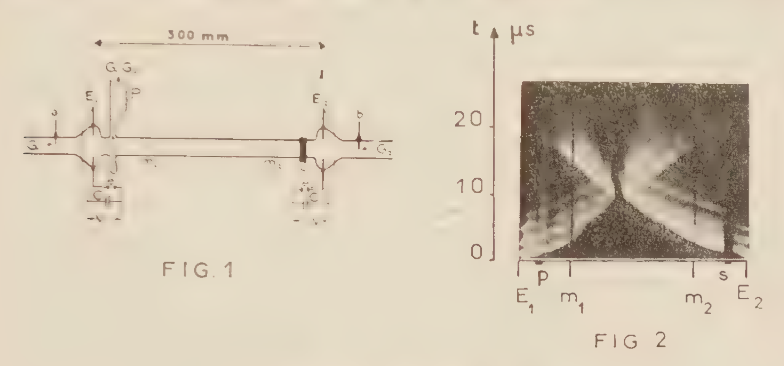


FIG. 1

FIG 2

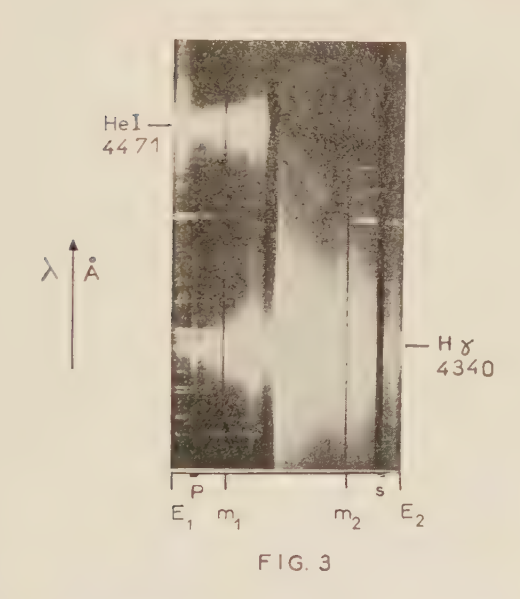


FIG. 3

montre que l'émission des raies de l'hélium est intense jusqu'à l'extrême limite de la zone lumineuse qui suit l'onde de choc issue de E_1. De plus, si l'on déclenche uniquement l'éclateur e_1, les raies de l'hélium apparaissent sur toute la longueur du tube, alors qu'elles n'apparaissent évidemment pas entre E_2 et P lorsqu'on déclenche uniquement l'éclateur e_2. Ceci montre bien que le tube de choc fonctionne en partie comme un canon à plasma.

Les mêmes séries d'enregistrements effectuées dans diverses conditions expérimentales mettent en évidence l'importance du plasma de décharge dans le cas où l'aspect des phénomènes lumineux observés sur les miroir-

grammes semblerait permettre d'attribuer un rôle prépondérant à l'ionisation par effet thermique :

a. L'émission lumineuse produite par effet thermique peut être importante derrière les ondes réfléchies tout en restant faible derrière les ondes incidentes; il convient alors de ne pas attribuer à un effet de relaxation le décalage qu'on observe entre le front de l'onde de choc incidente et le front de la zone lumineuse qui le suit, zone dont l'ionisation provient en fait de la présence du plasma de décharge;

b. Pour des pressions p_0 suffisamment faibles et des tensions V suffisamment élevées, l'épaisseur de la zone comprise entre le front de l'onde de choc et le front du jet de plasma de décharge devient négligeable. Les phénomènes lumineux observés sur les miroirgrammes sont alors analogues à ceux qu'on obtiendrait dans le cas où le temps de relaxation pour l'ionisation du gaz par effet thermique serait négligeable, mais en raison de la présence du plasma de décharge sur le front même de l'onde incidente, il n'existe en réalité aucune zone, même étroite, où l'on puisse appliquer les relations classiques de Rankine-Hugoniot au calcul de la température et de la densité électronique du gaz derrière le front de l'onde. Cette disparition progressive de la zone comprise entre les fronts de l'onde de choc et du jet de plasma lorsqu'on diminue p_0, signifie qu'une partie plus ou moins importante du gaz G_2 reste en arrière du front du jet de plasma. Nos expériences n'indiquent pas actuellement de façon certaine quel est le processus dominant d'interpénétration des gaz; certaines observations permettent cependant de supposer, à titre d'hypothèse de travail, que le front du jet de plasma est traversé par de multiples éléments de volume du gaz G_2 dont l'ionisation et la température peuvent rester longtemps très différentes de celles du plasma de décharge qui les entoure.

Nos expériences montrent en tout cas que, sauf pour des pressions p_0 relativement élevées, le plasma de décharge est projeté très loin des électrodes. La majorité des expériences réalisées par d'autres auteurs sur les tubes de choc à soufflage magnétique ayant été effectuées à des pressions initiales faibles, il semble que dans de nombreux cas, aussi bien pour les tubes en T que pour d'autres géométries et modes d'excitation, le rayonnement observé ait été produit principalement par le plasma de décharge et non par l'ionisation due au passage de l'onde de choc.

(*) Séance du 28 août 1961.

(1) M. Cloupeau, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 918.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Tensions non hydrostatiques dans une planète gravitante.* Note de M. **Georges Jobert**, présentée par M. Jean Coulomb.

Calcul des tensions non hydrostatiques dans l'hypothèse où la planète s'est constituée par capture de particules solides identiques. Cas simple où la loi de densité ne change pas quand le rayon extérieur augmente. Valeur de la tension différentielle maximale pour la Lune.

Si toutes les propriétés physiques en un point d'une planète élastique gravitante ne sont fonction, à un instant donné, que de la distance de ce point au centre de la planète, les équations d'équilibre montrent que la tension radiale R est une tension principale et que les tensions horizontales sont égales; soit S leur valeur. Une seule équation lie ces fonctions à la force de gravité. Pour calculer les tensions principales on doit donc introduire une hypothèse supplémentaire : la plus simple, et la seule utilisée en pratique, est que le milieu est en équilibre hydrostatique, les trois tensions principales étant égales.

On peut introduire des relations supplémentaires entre les tensions en considérant leur évolution dans l'hypothèse où la planète croît par capture de particules. On peut imaginer qu'à un instant donné une couche infinitésimale vient se déposer à la surface de la planète, puis par un processus que nous ne chercherons pas à décrire, finit par se solidariser avec le reste de la planète et acquiert simultanément une certaine rigidité et des tensions élastiques. Le reste de la planète est perturbé par la présence de la couche. En toute rigueur il faudrait tenir compte de phénomènes thermodynamiques très complexes : la perte d'énergie gravitationnelle des particules tombant sur la planète doit se traduire par leur échauffement; la couche superficielle perturbe les échanges thermiques de la planète avec l'espace environnant... Dans une première étape nous négligerons complètement ces phénomènes.

Dans ces conditions la seule perturbation à considérer est la création de tensions à la base de la nouvelle couche superficielle. La planète est déformée et les tensions internes sont modifiées. Nous admettrons que les tensions subies par une molécule à la fin de la déformation sont composées des tensions subies dans la position initiale et d'un accroissement dû au déplacement et lié à lui par les classiques formules de Hooke. Ceci introduit une nouvelle limitation : le milieu doit être supposé *isotrope*. Comme l'a montré Murnaghan, ceci implique qu'il était initialement en équilibre hydrostatique. Nous devrons donc supposer que la couche superficielle de la planète est sous pression hydrostatique (nulle si la surface est libre).

Les tensions principales sont des fonctions de deux variables : la distance r de la molécule au centre de la planète et le rayon extérieur x de celle-ci. Les équations d'évolution fournissent deux nouvelles relations entre les

tensions et la densité d'une molécule intérieure. En éliminant les tensions entre l'équation d'équilibre et les équations d'évolution on obtient une équation d'évolution liant les paramètres élastiques (rigidité μ, incompressibilité k) et la densité ρ.

La solution ne peut être développée davantage si l'on n'introduit pas l'hypothèse que le milieu a une certaine équation d'état, autrement dit que l'incompressibilité k et la rigidité μ sont des fonctions connues de la densité (la planète étant supposée chimiquement et minéralogiquement homogène). Cette étude sera décrite en détail par ailleurs. Nous nous bornerons ici à signaler les résultats obtenus dans un cas relativement simple : celui où la *loi de variation de la densité en fonction de la profondeur ne change pas de forme quand le rayon extérieur croît.*

Si la rigidité est nulle, la planète est en équilibre hydrostatique et la loi de densité a la forme

$$\rho = \rho_1 \frac{f(r)}{f(x)}, \qquad f(r) = (mr)^{-\frac{1}{2}} J_{\pm\frac{1}{2}}(mr), \qquad m^2 = \frac{4\pi G \rho_1^2}{k_1}$$

J étant une fonction de Bessel, G la constante de Newton, l'indice 1 correspondant aux valeurs superficielles. On retrouve bien la loi de Legendre si la loi est valable jusqu'au centre. L'incompressibilité croît comme le carré de la densité.

Si la rigidité n'est pas nulle, et reste, comme la densité et l'incompressibilité, constante en surface, on a dans la même hypothèse sur la forme de ρ :

$$f(r) = 1 - \frac{m^2 r^2}{6} + \frac{m^4 r^4}{120}(1+e) - \frac{m^6 r^6}{5040}\left(1 + \frac{71}{45}e + \frac{34}{5}e^2\right) + \ldots \qquad \text{avec} \quad e = \frac{16\mu_1}{27 k_1}.$$

L'équation d'état est

$$k = k_1\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^2 + \frac{8}{9}\mu_1\left(\frac{\rho}{\rho_1} - 1\right) + \frac{2(10-9e)}{27}\mu_1\left(\frac{\rho}{\rho_1} - 1\right)^2 + O(\rho - \rho_1)^3,$$

$$\mu = \mu_1\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^2 - \frac{3e}{2}\mu_1\left(\frac{\rho}{\rho_1} - 1\right) + O(\rho - \rho_1)^2.$$

La différence des tensions principales est

$$R - S = -2\mu_1 \frac{m^4 r^2}{135}(x^2 - r^2)\left[1 - \frac{23}{210}m^2 r^2\left(1 + \frac{57e}{92}\right) + \frac{23}{90}m^2 x^2\left(1 - \frac{63e}{92}\right) + O(m^4 x^4)\right].$$

La pression radiale (— R) est toujours supérieure à la pression horizontale (— S). La tension différentielle est nulle au centre et en surface.

Elle atteint son maximum au voisinage de la profondeur 0,3 x.

Application au cas de la Lune. — Nous prendrons : densité superficielle $\rho_1 = 3{,}3$ g/cm^3; $k_1/\rho_1 = 50$ (km/s)^2, valeur obtenue par Birch pour le manteau terrestre au-dessous de 700 km; coefficient de Poisson superficiel 1/4 d'où $e = 16/45$ et $\mu_1 = 0{,}99.10^{12}$ C.G.S. Alors $m^2 = 5{,}529.10^{18}$ et, comme $x = 1738$ km, $m^2 x^2 = 0{,}167$.

La tension différentielle maximale est $1{,}055.10^{-4}\,\mu_1$, soit $1{,}04^{-4}.10^8$ C.G.S.,

environ 5 fois la valeur correspondant d'après Jeffreys à l'ellipticité de la Lune. Elle est obtenue à une profondeur de 0,295 x soit 512 km.

Plus le rayon de la planète est grand, plus les termes d'ordre supérieur prennent de l'importance et le développement précédent devient alors insuffisant. Pour une planète de 6 000 km de rayon par exemple, on aurait $m^2x^2 = 2$. Si l'on admet que la formule permet au moins de donner un ordre de grandeur de la tension différentielle, on trouve alors pour cette dernière : $9.10^{-3}\,\mu_1$ ou 9.10^9 C. G. S.

(*Institut de Physique du Globe, Paris.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équations pour les valeurs moyennes des températures ou des concentrations.* Note (*) de M. **Éli Ruckenstein**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Dans la plupart des problèmes qui regardent le transfert de chaleur ou de masse il est important de connaître la manière dont certaines valeurs moyennes des températures ou des concentrations [par exemple, les valeurs moyennes définies par les équations (3 *a*) et (3 *b*) dans le cas d'un fluide qui s'écoule dans un tube] dépendent d'une série de paramètres (distance, temps). Ces valeurs moyennes peuvent être calculées après la résolution (pour des conditions initiales et à la limite données) de l'équation que la température ou bien la concentration satisfait. Au lieu de procéder ainsi, il est quelquefois possible, en utilisant certaines approximations, de transformer les équations aux dérivées partielles, dans lesquelles apparaissent les valeurs locales des températures ou des concentrations, en des équations où figure une des valeurs moyennes qui nous intéressent.

Dans ce qui suit, nous examinerons la transformation des équations locales en des équations dans lesquelles apparaissent, soit la valeur moyenne de mélange (average of mixing) définie par (3 *a*), soit la valeur moyenne sur section définie par (3 *b*), pour le cas d'un fluide en écoulement laminaire dans un tube dont la paroi est perméable pour les deux constituants du fluide qui diffusent en sens inverse. Une telle situation peut être rencontrée dans le cas de la rectification d'un mélange binaire. L'interface se comporte dans ce cas comme une paroi perméable. Nous supposons nulles les composantes normale et tangentielle de la vitesse à la paroi.

La concentration c du constituant qui nous intéresse satisfait l'équation

(1) $$r\frac{\partial c}{\partial t} + ur\frac{\partial c}{\partial x} = \mathrm{D}\frac{\partial r \dfrac{\partial c}{\partial r}}{\partial r}; \qquad u = 2u_m\left(1 - \frac{r^2}{\mathrm{R}^2}\right),$$

où r représente la distance à l'axe du tube, x la distance au lieu d'entrée du fluide dans le tube, u la vitesse, u_m la vitesse moyenne, D le coefficient de diffusion et R le rayon du tube.

En multipliant l'équation (1) par $2\pi\, dr$ et en intégrant entre 0 et R, nous obtenons

(2) $$\frac{\partial c'_m}{\partial t} + u_m\frac{\partial c_m}{\partial x} = \frac{2\mathrm{D}}{\mathrm{R}}\left(\frac{\partial c}{\partial r}\right)_{r=\mathrm{R}}$$

ou

(3 *a*) $$\pi\mathrm{R}^2 u_m c_m = \int_0^{\mathrm{R}} 2\pi ruc\, dr$$

et

(3 *b*) $$\pi\mathrm{R}^2 c'_m = \int_0^{\mathrm{R}} 2\pi rc\, dr.$$

Définissons deux coefficients de transfert de masse k et k' et deux longueurs l et l' par les équations

$$k(c_i - c_m) = \mathrm{D}\left(\frac{\partial c}{\partial r}\right)_{r=\mathrm{R}}; \tag{4 a}$$

$$k'(c_i - c'_m) = \mathrm{D}\left(\frac{\partial c}{\partial r}\right)_{r=\mathrm{R}}, \tag{4 b}$$

$$l\frac{\partial c_m}{\partial x} = c'_m - c_m; \tag{5 a}$$

$$l'\frac{\partial c'_m}{\partial x} = c'_m - e_m, \tag{5 b}$$

où c_i représente la valeur de c pour $r = \mathrm{R}$.

Dans le cadre des approximations de calcul utilisées dans cette Note, les coefficients k, k' et les longueurs l et l' sont constantes. C'est le motif qui nous a déterminé à introduire ces grandeurs.

En utilisant les expressions (4) et (5), l'équation (2) peut être transcrite sous les deux formes suivantes :

$$\frac{\partial c_m}{\partial t} + u_m\frac{\partial c_m}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t}l\frac{\partial c_m}{\partial x} = \frac{2}{\mathrm{R}}k(c_i - c_m), \tag{6 a}$$

$$\frac{\partial c'_m}{\partial t} + u_m\frac{\partial c'_m}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}l'u_m\frac{\partial c'_m}{\partial x} + \frac{2}{\mathrm{R}}k'(c_i - c'_m). \tag{6 b}$$

Le premier terme du membre droit de l'équation (6 b) peut être interprété comme une diffusion axiale. Le produit $l'\, u_m$ qui apparaît dans ce terme est, du point de vue dimensionnel, une diffusivité axiale apparente et représente une grandeur similaire à la diffusivité axiale introduite par Taylor ([1]).

Les coefficients k et k' et les longueurs l et l' peuvent être calculés en utilisant les équations (4) et (5) après avoir résolu l'équation (1) pour les conditions à la limite respectives. Afin que les équations (6) représentent une simplification du problème initial il est nécessaire de calculer les grandeurs k, k', l et l' en introduisant certaines approximations dans l'équation (1). Dans cette Note, nous déterminons k, k', l et l' après avoir résolu l'équation (1) à l'aide des deux approximations suivantes (approximations satisfaisantes dans certaines conditions qui seront précisées) : a. $\partial c/\partial x$ est pratiquement indépendant de r; b. le profil des concentrations à un certain moment peut être approximé par celui qui est obtenu pour $\partial c/\partial t = 0$.

En utilisant les conditions à la limite

$$c = c_i \quad \text{pour } r = \mathrm{R} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial c}{\partial r} = 0 \quad \text{pour } r = 0,$$

l'équation (1) conduit à

$$c = c_i + \frac{2u_m}{\mathrm{DR}^2}\beta\left(\mathrm{R}^2\frac{r^2}{4} - \frac{r^4}{16} - \frac{3}{16}\mathrm{R}^4\right), \tag{7}$$

où l'on considère $\beta = \partial c_m/\partial x$ lorsqu'on évalue k et l et $\beta = \partial c'_m/\partial x$ lorsqu'on évalue k' et l'. (En procédant ainsi nous ne contrevenons pas à l'approximation a.) En utilisant les équations (4), (5) et (7) nous obtenons

$$(8) \qquad k = \frac{24}{11}\frac{D}{R}, \qquad k' = 3\frac{R}{D}, \qquad l = l' = \frac{3}{48}\frac{u_m R^2}{D}.$$

Précisons aussi les conditions dans lesquelles les approximations a et b sont satisfaisantes. On peut aisément démontrer, en partant de l'équation (7), que

$$\frac{\partial c}{\partial x} \approx \frac{\partial c'_m}{\partial x} + \frac{2u_m R^2}{D}\frac{\partial^2 c'_m}{\partial x^2}\left(\frac{r^2}{4R^2} - \frac{r^4}{16R^4} - \frac{5}{48}\right).$$

Mettons

$$\frac{\partial c'_m}{\partial x} \approx \frac{\Delta c}{L} \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 c'_m}{\partial x^2} \approx \frac{\Delta c}{L^2},$$

où L représente la distance dans laquelle a lieu une variation appréciable de c'_m. Alors, le terme qui contient $\partial^2 c'_m/\partial x^2$ est suffisamment petit en comparaison avec $\partial c'_m/\partial x$, et donc l'approximation a peut être utilisée si $(LD/R^2 u_m)$ est assez grand par rapport à l'unité. L'approximation b est satisfaisante si $\partial c/\partial t \approx \Delta c/\tau$ est suffisamment petit en comparaison avec $u(\partial c/\partial x) \approx u_m(\Delta c/L)$, c'est-à-dire si le temps τ dans lequel a lieu dans un point quelconque du système une variation appréciable de la concentration est assez grand par rapport au temps L/u_m.

En *conclusion*, il faut mentionner qu'il est possible de transformer l'équation locale (1) en des équations plus simples dans lesquelles apparaisse une des valeurs moyennes qui nous intéressent. Des méthodes similaires peuvent être utilisées aussi pour la résolution d'autres problèmes, que nous examinerons dans un travail *in extenso*.

(*) Séance du 16 août 1961.

(1) G. Taylor, *Proc. Roy. Soc.*, A 219, 1953, p. 186; A 223, 1954, p. 446; A 225, 1954, p. 473.

(*Institut Polytechnique, Bucarest.*)

CRISTALLOGRAPHIE. — *Mullitisation de la zunyite étudiée par diffraction des rayons X et par microscopie électronique.* Note (*) de M. **Guy Turco**, transmise par M. Louis Royer.

Détermination des constantes radiocristallographiques de la mullite issue de la zunyite de Béni-Embarek. Étude de la formation orientée de cette mullite au cours de la thermolyse de la zunyite : les rangées [001] de la mullite et [110] de la zunyite coïncident.

1. L'identité relative des rapports Al/Si égaux respectivement à 3/1 dans la mullite et à 2,73/1 dans la zunyite d'une part ([1]), la formation de la mullite à partir de la zunyite sans phase intermédiaire d'autre part ([2]), m'ont amené à rechercher s'il n'y a pas une éventuelle action d'orientation de la mullite par la zunyite.

2. *Étude radiocristallographique.* — 1° Les données actuelles concernant la mullite varient suivant l'origine des divers échantillons. J'ai donc commencé par établir les données radiocristallographiques de la mullite obtenue à partir de la zunyite de Béni-Embarek. Pour les paramètres de la maille de cette mullite, l'expérience donne les valeurs suivantes :

$a = 7{,}40_0$ Å [calculé d'après (200)],
$b = 7{,}64_7$ [» » (030)],
$c = 2{,}88_0$ [» » (001)].

La confrontation des résultats de ce travail avec ceux publiés récemment ([3]) est satisfaisante.

2° J'ai ensuite porté des monocristaux de zunyite à des températures choisies d'après les données de l'étude thermique ([2]); la méthode consiste pour chaque température de travail en une montée linéaire de la température (5°C/mn) suivie d'une trempe à l'air. Dans une première série d'expériences les cristaux ont été orientés goniométriquement de manière que l'axe de rotation soit la rangée [100], les rayons X étant normaux à cette direction. Dans ces conditions, j'ai obtenu les résultats suivants :

750°C : l'aspect extérieur des cristaux (formes géométriques, couleur) n'est pas modifié. Le radiogramme est dans son ensemble celui de la zunyite originelle. Toutefois j'ai observé un « brouillage » des taches correspondant aux plans de faible intensité.

800°C : les cristaux dont les formes géométriques n'ont pas changé, sont par contre devenus opaques et blancs. Le radiogramme est toujours celui de la zunyite originelle, mais j'ai remarqué l'apparition discrète d'anneaux complets de la mullite. Ces anneaux ne sont pas d'un noircissement uniforme, mais montrent des noircissements plus intenses dans certains secteurs. En plus, sur la ligne équatoriale du radiogramme les taches correspondant à (120), (001), (002) de la mullite ont tendance à

s'étaler en arc de part et d'autre de la ligne équatoriale. Cet aspect intermédiaire entre le cliché de poudre et le cliché de cristal tournant est l'indication d'une texture.

850°C : l'effet de texture est plus développé; il y a encore permanence du spectre de la zunyite.

880°C : les taches correspondant au spectre de la zunyite sont très faibles; par contre, les secteurs à noircissement renforcé et les taches étalées sont bien affirmés.

1300°C : le radiogramme est devenu un radiogramme de poudre classique; le caractère de texture n'y est pratiquement plus observable. Les formes extérieures des cristaux de zunyite sont toujours conservées, mais ces cristaux sont devenus fragiles et friables.

Il résulte de cette étude que l'effet de texture est maximal vers 880-900°C.

J'ai donc entrepris une nouvelle série d'expériences sur des cristaux préalablement portés à 880 ± 20°C. Les détails expérimentaux seront donnés ailleurs. Les résultats de ces études sont les suivants :

a. mise en évidence d'une texture correspondant à une répartition ordonnée des cristaux de mullite analogue à une « fibre »;

b. détermination de l'axe de « fibre » : c'est la rangée [001] de la mullite qui coïncide en direction avec la rangée [110] de la zunyite.

3. *Étude par microscopie électronique.* — Grâce à Mme A. Malavaud et Mlle M. Bernheim du Laboratoire de Physique générale, utilisant un microscope électronique « Siemens Elmiskop I », j'ai obtenu une série de micrographies électroniques. Les conditions expérimentales seront décrites ailleurs.

1° J'ai recherché la confirmation des conclusions déduites de l'étude aux rayons X mentionnée ci-dessus. Sur les micrographies de zunyite préalablement portée à 880°C j'ai constaté les faits suivants :

a. La mullite forme des cristaux prismatiques allongés en aiguilles (longueur, 0,10 à 0,25 μ; largeur, 0,05 μ en moyenne);

b. Lorque l'observation permet de séparer un cristal « mère » de zunyite, le parallélisme de ces aiguilles entre elles est réalisé dans d'excellentes conditions;

c. Par rapport à une face (111) de tétraèdre de zunyite, les cristaux de mullite sont orientés suivant les trois directions correspondant aux trois côtés du triangle équilatéral limitant cette face (111). Les mesures d'angle entre les cristaux correspondant à ces trois orientations et pris deux à deux font ressortir des valeurs comprises entre 116 et 122° (valeur théorique, 120°).

2° Par ailleurs, en vue de préciser les stades de la cristallisation de la mullite, j'ai réalisé un travail identique pour différentes températures.

Lorsque le traitement thermique de la zunyite est mené de manière

dynamique (croissance linéaire de la température), j'ai observé que les cristaux de mullite n'apparaissent jamais au-dessous de 800°C; à cette température ces cristaux sont très rares, mais totalement orientés.

A 880°C tous les cristaux « mère » de zunyite portent des cristaux de mullite orientés en quasi-totalité comme décrit plus haut.

900°C marque une étape dans la mullitisation orientée de la zunyite; les formes extérieures des cristaux primitifs de zunyite ne subsistent que par l'agrégat ordonné des groupements d'aiguilles parallèles de mullite prenant un aspect de « hachures ».

A 1000°C, le phénomène d'orientation demeure et deux faits viennent s'ajouter : en premier lieu les dimensions des cristaux sont maximales; ensuite il est possible de rencontrer des échantillons où les cristaux de mullite sont disposés au hasard.

A 1300°C enfin les aiguilles existent en plus grand nombre, mais avec des dimensions et orientations variables. J'ai soumis au même examen un échantillon ayant donné lieu à une thermolyse anormale ([2]); les cristaux de zunyite apparaissent déchiquetés mais sans qu'il soit possible de mettre en évidence les aiguilles de mullite.

4. *Conclusions.* — 1° La relation d'orientation explique l'absence signalée dans une précédente Note de la phase intermédiaire $\gamma\, Al_2O_3$.

2° L'orientation uniaxiale étant vérifiée, de nouvelles expériences notamment par microdiffraction électronique sont en cours pour tenter de préciser l'orientation relative des aiguilles de mullite.

3° Le phénomène d'orientation ainsi que le passage direct sans intermédiaire de la zunyite à la mullite, peuvent être expliqués d'une manière satisfaisante à partir de considérations de détail des structures de la zunyite et de la mullite.

(*) Séance du 28 août 1961.

([1]) G. TURCO, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 4168.
([2]) G. TURCO, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 875.
([3]) KRISHNA MURTHY et F. A. HUMMEL, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 43, n° 5, 1960, p. 263-273.

(*Laboratoire de Minéralogie-Cristallographie* et *Laboratoire de Physique générale de la Faculté des Sciences d'Alger.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Benzodioxannes-1.4 dissubstitués en positions 2 et 3.* Note de MM. **Albert Funke** et **Arnfinn Paulsen**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

A partir du carbéthoxy-2.3 benzodioxanne-1.4, ont été préparés : des esters-amides, des aminoalcools, le glycol, des amides cycliques et des pyrrolidino-2.3 benzodioxannes-1.4.

On trouve peu de travaux dans la littérature qui ont pour objet la préparation de benzodioxannes-1.4 disubstitués sur le cycle dioxannique.

Koo [1] obtient, à partir du pyrocatéchol et du dibromobutyrate d'éthyle, des méthyl-2 carboxamido-3 benzodioxannes-1.4 et les amines correspondantes. Des savants chinois [2] ont préparé, par action du mésodibromosuccinate d'éthyle sur le sel disodique du pyrocatéchol, le dicarbéthoxy-2.3 benzodioxanne-1.4, et les diamides qui en dérivent. Nous avons pensé que ce diester pouvait donner lieu à des transformations variées et être également un point de départ pour la synthèse de cycles azotés accolés au noyau dioxannique.

Cette Note traite des premiers résultats obtenus dans ce domaine.

1. Esters amides :

$COOC_2H_5$ / $COOC_2H_5$ $\xrightarrow{KOH}$ $COOC_2H_5$ / $COOK$

$\xrightarrow{POCl_3}$ $COOC_2H_5$ / $COCl$ $\xrightarrow{NHRR'}$ $COOC_2H_5$ / $CON(RR')$

On soumet le diester à une monosaponification par la potasse en milieu alcool méthylique. Le sel monopotassique qui précipite est mis en suspension dans le benzène et traité pendant 24 h à froid par $POCl_3$. Les sels minéraux sont éliminés en les précipitant par l'éther. De la couche organique filtrée, on peut ensuite obtenir, après addition de deux molécules d'amine, l'amide-ester cherché. L'aniline donne ainsi, avec un rendement de 75 %, le carbéthoxy-2 carbanilido-3 benzodioxanne-1.4. F 123°.

Analyse : calculé %, C 66,05; H 5,24; N 4,28; trouvé %, C 65,77; H 5,29; N 4,25.

De la même façon, nous avons fait réagir la morpholine.

2. Aminoalcools :

$COOC_2H_5$ / $CON(RR')$ $\xrightarrow{LiAlH_4}$ CH_2OH / $CH_2N(RR')$

La réduction des esters-amides par $LiAlH_4$ en milieu éthéré permet d'obtenir les aminoalcools correspondants.

Avec l'ester de l'amide morpholinique, nous avons ainsi préparé le chlorhydrate de l'hydroxyméthyl-2 morpholinométhyl-3 benzodioxanne-1.4. F 160°.

Analyse : calculé %, C 55,72; H 6,68; trouvé %, C 55,87; H 6,71.

3. IMIDE CYCLIQUE :

$COOC_2H_5$ / $COOC_2H_5$ → C=O / N—R / C=O

Par chauffage à 200° pendant 3 h 30 mn d'une molécule de diester et d'une molécule d'aniline, on obtient après recristallisation dans l'alcool, un produit incolore fondant à 201°.

Analyse : calculé %, C 68,31 ; H 3,94; trouvé %, C 68,24; H 4,02.

On obtient d'ailleurs ce même produit en chauffant à 200° le carbéthoxy-carbanilidobenzodioxanne décrit plus haut.

4. AMINES CYCLIQUES. — *a. Substituées :* $R = C_4H_9$, $R = CH_2C_6H_5$. — Nous les avons obtenues d'après le schéma suivant :

$COOC_2H_5$ / $COOC_2H_5$ $\xrightarrow{LiAlH_4}$ CH_2OH / CH_2OH

$\xrightarrow{CH_3SO_2Cl}$ CH_2OMes / CH_2OMes $\xrightarrow{RNH_2}$ N—R

Ont été ainsi préparés :

Le dihydroxyméthyl-2.3 benzodioxanne-1.4, avec un rendement de 81 %. $É_{0,08}$ 105-110°.

Analyse : calculé %, C 61,20; H 6,17; trouvé %, C 61,04; H 6,24.

Le dimésylate qui fond à 100°, avec un rendement quantitatif.

Analyse : calculé %, C 40,90; H 4,58; S 18,20; trouvé %, C 40,71; H 4,41; S 18,17.

$R = C_4H_9$: On chauffe à 120° pendant 2 h une molécule du dérivé mésylé avec deux molécules de *n*-butylamine. La base obtenue est isolée de la manière habituelle et distillée. $É_{0,1}$ 85° ([3]).

C'est une huile claire. Le chlorhydrate, recristallisé dans le mélange alcool-éther, fond à 126°.

Analyse : calculé %, C 62,34; H 7,42; Cl 13,17; trouvé %, C 62,18; H 7,45; Cl 13,12.

$R = CH_2C_6H_5$: De la même manière, on a obtenu le N-benzylpyrrolidino-2.3 benzodioxanne. $É_{0,01}$ 140° ([3]). Rdt 70 %. F 48°.

Analyse : calculé %, C 76,4; H 6,36; trouvé %, C 76,54; H 6,37.

Le chlorhydrate fond à 136°, l'iodométhylate fond à 174°.

b. Non substituée : R = H. — Cette amine pyrrolidino-2.3 benzodioxanne-1.4 a été préparée en débenzylant l'amine précédente par hydrogénation catalytique en présence de charbon palladié à 10 % à la pression et à la température ordinaires.

Pour 2,5 g d'amine benzylée, on a utilisé 1 g de Pd/C. $É_{0,02}$ 75° ([3]). F 58°.

Analyse : calculé %, C 67,78; H 6,21; N 7,91; trouvé %, C 68,03; H 6,3; N 7,96.

Le chlorhydrate recristallisé dans l'alcool à 90° fond à 200°. Le picrate fond à 190°.

([1]) Koo, *J. Org. Chem.*, 26, 1961, p. 339.

([2]) Chen-Heng Kao, I. Hsin Chang, Cheng Ming Lai, *C. A.*, 52, 1958, p. 16 356.

([3]) Ces produits ont été distillés dans un tube à boules.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du soufre sur les teneurs en azote d'un blé dur* (Triticum durum *Des.*). Note de Mlle **Jeanne Berducou**, MM. **Robert Diehl** et **Marcel Dupuy**, présentée par M. Raoul Combes.

Le soufre apporté sous forme de Na_2So_4 10 H_2O à différentes concentrations augmente la teneur en azote total de jeunes plantes de blé dur « Bidi 17 » cultivé sur sable arrosé de solution nutritive. Dans les grains, on note, sous l'influence du soufre, une réduction importante de la proportion d'azote soluble au profit de l'azote protéique.

Le soufre a surtout été étudié dans la nutrition minérale des végétaux quant à ses effets dans les cas de déficience ou de carence totale [1]. Certains travaux, cependant, mettent en évidence que de nombreuses plantes cultivées dans des conditions normales bénéficient d'un apport supplémentaire en cet élément. Il a été notamment démontré que le taux de protéine augmente, certains acides aminés, principalement la méthionine et la cystine, sont en plus grandes quantités dans le blé et l'orge après une fertilisation contenant du soufre [2]. Les résultats expérimentaux exposés dans la présente Note montrent l'influence de doses croissantes de soufre sur les proportions d'azote total, soluble et protéique du blé dur « Bidi 17 ». Les cultures ont été installées dans des béchers de 250 ml en polyéthylène. Le support étant du sable lavé plusieurs fois à l'eau bidistillée, dans lequel l'analyse chimique préalable révèle une proportion de 0,0570 ‰ de sulfates. Dans chaque bécher cinq grains de blé germés en boîte de Pétri sont transplantés. L'humidité de 20 % est maintenue par poids constant durant toute l'expérimentation; la solution nutritive utilisée est celle de Hoagland et Arnon (formule 1) [3] à laquelle sont ajoutés des oligo-éléments dans les proportions suivantes par litre : acide borique, 1 mg; sulfate de manganèse, 1 mg; sulfate de zinc, 1 mg; sulfate de cuivre, 0,5 mg plus 10 mg ‰ de sulfate ferreux. Le soufre est apporté sous forme de Na_2SO_4 10 H_2O. Trois doses sont éprouvées : 0,300, 0,600 et 1 g par litre de solution. Le pH initial 5,5 n'est pas sensiblement modifié par les apports de soufre. Quatre répétitions sont prévues pour chaque traitement. La solution nutritive est apportée à raison de 10 ml une fois par semaine durant les 15 premiers jours de croissance, deux fois par semaine après cette date, jusqu'à la récolte qui est effectuée au stade 5 feuilles, 2 talles. Les poids secs sont établis pour chaque traitement sur l'appareil radiculaire et l'appareil végétatif, les chiffres concernant les poids secs moyens par traitement en milligrammes par pot sont reportés dans le tableau I.

Ils mettent en évidence une augmentation du poids sec, nette surtout pour les concentrations 1 et 2. Cet accroissement est dû beaucoup plus au système radiculaire qu'à l'appareil aérien. Ce point doit être mis en rela-

tion avec les observations signalées par certains auteurs américains [4]. On remarque que l'effet bénéfique de doses croissantes de soufre tend vers un palier. Des doses supérieures à celles utilisées conduiraient très rapidement à des phénomènes de toxicité, tout au moins pour l'appareil aérien.

TABLEAU I.

Variation du rendement en fonction de doses croissantes de soufre (poids sec en milligrammes par pot).

	Plante entière.		Partie aérienne.		Système radiculaire.		
							% de la plante entière.
Témoin...	1 884	(100)	1 050	(100)	834	(100)	44,3
S_1........	2 063	(109,4)	1 169	(111,3)	869	(104,2)	42,1
S_2........	2 061 (*)	(109,4)	1 126 (*)	(107,2)	935 (**)	(112,1)	45,4
S_3........	1 966	(104,4)	1 041	(99,1)	925 (**)	(110,9)	47,1

(*) Écarts avec le témoin significatifs : P = 0,05.
(**) Écarts avec le témoin significatifs : P = 0,1.
Les nombres entre parenthèses indiquent le pour-cent par rapport au témoin.

Des dosages d'azote total, soluble et protéique par la méthode classique de Kjeldahl (catalyseur au sélénium) ont été effectués sur l'appareil aérien et l'appareil radiculaire. Les prises d'essai des dosages portaient sur 500 mg de matière végétale sèche. Plusieurs dosages ont été réalisés pour chaque traitement. Le tableau II donne des résultats moyens obtenus sur 1 g de matière sèche.

TABLEAU II.

Variation de la teneur en azote sous l'influence de doses croissantes de soufre (azote % de la matière sèche

	Appareil aérien.			Appareil radiculaire.		
	N total.	N protéique.	N soluble.	N total.	N protéique.	N soluble.
Témoin....	1,60 (100)	1,08 (100)	0,52 (100)	0,96 (100)	0,78 (100)	0,18 (100)
S_1.........	1,64 (102,2)	1,1 (101,9)	0,54 (102,6)	0,96 (100)	0,73 (93,7)	0,23 (127)
S_2.........	1,76 (109,6)	1,15 (106,2)	0,61 (116,5)	0,99 (103)	(*)	(*)
S_3.........	1,78 (111,3)	1,17 (108,8)	0,61 (116,5)	1,00 (104,4)	0,75 (96,3)	0,25 (139,

Les nombres entre parenthèses indiquent le pour-cent par rapport au témoin.
(*) Résultat manquant.

Nous constatons que la teneur en azote total augmente progressivement avec la concentration en soufre des solutions. L'accroissement est plus important dans l'appareil aérien que dans l'appareil radiculaire. L'azote soluble est en plus grande quantité dans les racines que dans les tiges et les feuilles. Ce fait a été signalé par de nombreux auteurs [5] comme à peu près général dans les cas de déficience en soufre; à notre connaissance cette observation n'a pas été notée dans les cas où une plante croît dans les conditions normales ou en présence d'un apport supplémentaire de soufre. L'azote protéique par contre est en dose plus élevée dans l'appareil végétatif.

Une série d'expériences conduites en aquiculture, dans des bacs de polyéthylène, en utilisant des solutions identiques à celles de l'expérimentation précédente nous a permis de mener les blés à maturation. Les dosages d'azote effectués dans les grains mettent en évidence (tableau III) :

1° un accroissement des taux d'azote total et d'azote protéique avec un optimum pour la dose S_2;

2° une réduction importante de la proportion d'azote soluble, au profit de l'azote protéique. La part de ce dernier est d'environ 90 % de l'azote total contre 84 % pour le témoin n'ayant reçu que le soufre présent dans la solution nutritive type.

Il semblerait donc que l'apport de soufre, tout au moins dans certaines limites, favorise la transformation de l'azote soluble en azote protéique.

TABLEAU III.

Variation de la teneur en azote du grain sous l'influence de doses croissantes de soufre (azote % de la matière sèche).

	N total.	N protéique.	N soluble.	N protéique % N total.
Témoin.......	3,35 (100)	2,81 (100)	0,53 (100)	84,07
S_1...........	3,24 (96,7)	2,91 (103,6)	0,33 (62,3)	89,74
S_2...........	3,80 (113,3)	3,45 (122,8)	0,35 (66,0)	90,62
S_3...........	3,56 (106,1)	3,22 (114,5)	0,34 (64,2)	90,29

Les nombres entre parenthèses indiquent le pour-cent par rapport au témoin.

Ces conclusions d'ordre quantitatif sont susceptibles d'avoir des répercussions sur la solution du problème de la qualité chez le Blé dur.

Les recherches se poursuivent en vue de l'étude quantitative et qualitative des acides aminés au cours du cycle végétatif du blé dur « Bidi 17 » en fonction de doses croissantes de soufre.

(1) Y. Coïc et J. M. Lefebvre, *C. R. Acad. Agr. Fr.*, n° 7, 1960, p. 436-440.
(2) C. E. Bardsley et H. V. Jordan, *Agron. J.*, 49, 1957, p. 310-312; W. Thomas, *Agron. J.*, 51, 1959, p. 572-573.
(3) M. V. Homès, J. R. Ansiaux et G. Van Schoor, *L'aquiculture*, 1953, Bruxelles, p. 73.
(4) V. Howard, Jordan et E. Esminger, *Advances in Agronomy*, 1958, p. 407-434.
(5) Thomas et al., *Soil Sci.*, 70, 1950, p. 19-26.

(*École Nationale Supérieure Agronomique, Toulouse.*)

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure d'un glucoside de taxifoline extrait de l'aubier de* Prunus Mahaleb *et de* Prunus Persica vulgaris. Note de M. **Henri Pacheco** et Mlle **Annie Grouiller**, présentée par M. Marcel Delépine.

Plusieurs faits tendent à prouver qu'il s'agit d'un composé nouveau : la D-glucopyranosyloxy-7 tétrahydroxy-3.5.3'.4' flavanone ou glucoside-7 taxifoline (I).

L'aubier de *Prunus Mahaleb* et celui de *Prunus Persica vulgaris* contiennent deux glucosides de flavanonols; nous avons déjà décrit leur extraction et montré que l'un d'eux est la D-glucopyranosyloxy-7 trihydroxy-3.5.4' flavanone ([1]).

Comme les différents procédés de fractionnement mis en œuvre n'avaient pas permis d'obtenir des corps purs, nous avons tenté de démontrer indirectement la structure des glucosides de flavanonols en les oxydant par une solution bouillante de bisulfite de sodium en glucosides de flavonols; ces derniers ont été séparés par chromatographie sur papier et élués pour être ensuite purifiés par cristallisation. Nous avons ainsi montré qu'un des deux glucosides de flavonols est le glucoside-7 kaempférol et qu'il dérive du glucoside-7 aromadendrine ([1]). Voici les arguments qui tendent à montrer que le second glucoside est la D-glucopyranosyloxy-7 quercétine ou querciméritrine (II) :

Le produit se présente, après cristallisation dans une solution aqueuse de pyridine à 10 % et après séchage pendant 24 h à 100° sous un vide de 1 mm de mercure, sous forme d'aiguilles jaunes (F vers 260°). L'hydrolyse chlorhydrique (HCl à 5 %; ébullition : 3 h) le scinde en D-glucose et quercétine identifiés par chromatographie sur papier. Le dosage par spectrophotométrie dans l'ultraviolet de la quercétine et l'analyse élémentaire du glucoside s'accordent avec la formule brute : $C_{21}H_{20}O_{12}$, H_2O (calculé %, C 52,50; H 4,58; trouvé %, C 52,64-52,34; H 4,37-4,69) et correspondent au rapport 1 glucose/1 quercétine. L'analyse élémentaire

(I)

(II)

du dérivé acétylé (F 228°, acétylation dans l'anhydride acétique bouillant en présence d'acétate de sodium fondu) confirme ce rapport : $C_{37}H_{36}O_{20}$, calculé %, C 55,50; H 4,50; trouvé %, C 55,45; H 4,61.

Pour déterminer la position du reste glucosyle, ce glucoside de quercétine (200 mg) est méthylé par le sulfate de méthyle (1 g) dans l'acétone anhydre (250 ml; ébullition : 24 h), en présence de carbonate de potassium anhydre (1 g); le produit méthylé brut est hydrolysé pendant 3 h par une solution aqueuse bouillante de méthanol (1-1), contenant 5 % d'acide sulfurique concentré pur. L'hydrolyse libère un aglycone qui fond à 294° après cristallisation dans le méthanol et dont l'analyse élémentaire et l'indice de méthoxyle correspondent à ceux d'une tétraméthylquercétine : $C_{19}H_{18}O_7$, calculé %, C 63,68; H 5,03; —OCH_3 34,63; trouvé %, C 63,19; H 5,06; —OCH_3 32,91. Le point de fusion élevé de ce composé plaidait en faveur d'un —OH libre en 7; en effet, les dérivés mono et polyméthylés de la quercétine dont l'OH en 7 est libre ont un point de fusion notablement plus élevé que les dérivés méthylés au même degré mais dont l'OH en 7 est bloqué par un méthyle. Nous avons confirmé cette hypothèse en comparant cette tétraméthylquercétine à la tétraméthyl-3.5.3'.4' quercétine que nous avons préparée selon une technique déjà décrite ([2]); les deux produits s'avèrent identiques : même spectre ultraviolet (trois maximums en solution alcoolique à 250, 265 et 342 mμ; log ε 4,15, 4,09 et 4,17); même spectre infrarouge (KBr).

Il semble donc logique de conclure que ce glucoside de flavonol est la D-glucopyranosyloxy-7 quercétine, déjà connue sous le nom de querciméritrine ([3]) et, en conséquence, que le glucoside de flavanonol dont il dérive est la D-glucopyranosyloxy-7 tétrahydroxy-3.5.3'.4' flavanone ou glucoside-7 taxifoline (I) qui ne paraît pas mentionné dans la littérature.

([1]) H. Pacheco, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1653.
([2]) S. Rajagopalan, P. Ramachandra Rao, K. Visweswara Rao et T. R. Seshadri, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 29 A, 1949, p. 9-15.
([3]) G. F. Attree et A. G. Perkin, *Soc.*, 1927, p. 234.

(Laboratoire de Chimie biologique, Faculté des Sciences, Lyon.)

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE BIOLOGIQUE. — *Essais de cytochimie ultrastructurale. Du rôle de l'osmium réduit dans les « colorations » électroniques.* Note (*) de MM. **Vittorio Marinozzi** et **Alain Gautier**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

L'élimination de l'osmium réduit, par oxydation des coupes, influence certaines « colorations électroniques » usuelles et offre de nouvelles possibilités de coloration sélective des membranes plasmatiques, des nucléoprotéines, du glycogène, etc.

Les tissus fixés au tétroxyde d'osmium contiennent une quantité importante d'osmium réduit, qui joue un rôle déterminant dans le mécanisme de l'imprégnation à l'argent ([1]), ([2]). Cherchant à établir si sa présence conditionne également d'autres « colorations » désormais usuelles en microscopie électronique, nous avons comparé l'action de ces colorants tant en présence d'osmium réduit qu'après son élimination par oxydation. Les coupes minces de tissus animaux, fixés au liquide de Palade, déshydratés à l'acétone et inclus dans du polyester « Vestopal W », ont été flottées d'abord sur une solution d'eau oxygénée ou d'acide periodique, puis sur une solution du « colorant ».

L'oxydation à l'*eau oxygénée* (2 %, de 30 à 60 mn) ou à l'*acide periodique* (1 %, de 20 à 40 mn) produit une diminution considérable du contraste de tous les constituants cellulaires. La « densité électronique » des ribosomes, des « microbodies » et de certains composants granulaires du noyau demeure cependant plus forte que celle de la matière d'inclusion. Les cytomembranes, de tissus inclus au Vestopal, apparaissent en clair sur un fond plus foncé et possèdent ainsi un véritable « contraste négatif » (*fig.* 1 et 2), ce qui n'est pas le cas après inclusion au métacrylate.

La recoloration à l'*osmium* après oxydation (tétroxyde d'osmium 2 % à pH 7,3, jusqu'à 5 à 6 h) ne redonne pas l'image primitive, les ribosomes et

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1 et 2. — Rein de souris, oxydation à l'eau oxygénée. Remarquer les petits trous dont la localisation correspond à celle des granules intramitochondriaux.

Fig. 3. — Rein de souris; recoloration à l'acide osmique, après oxydation à l'eau oxygénée. *mb*, microbodies.

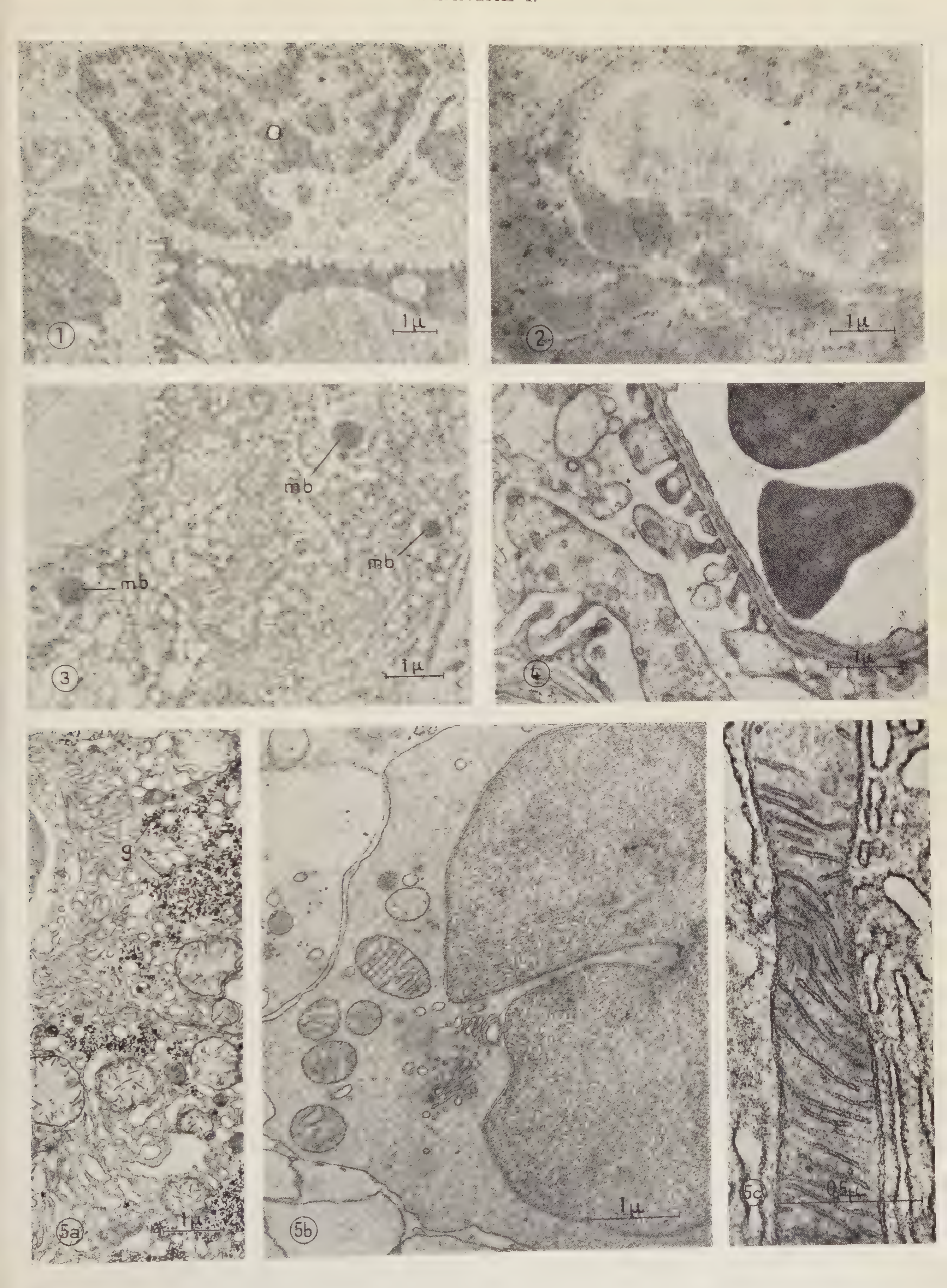
Fig. 4. — Rein de souris; coloration à l'acétate d'uranyle, après oxydation à l'eau oxygénée.

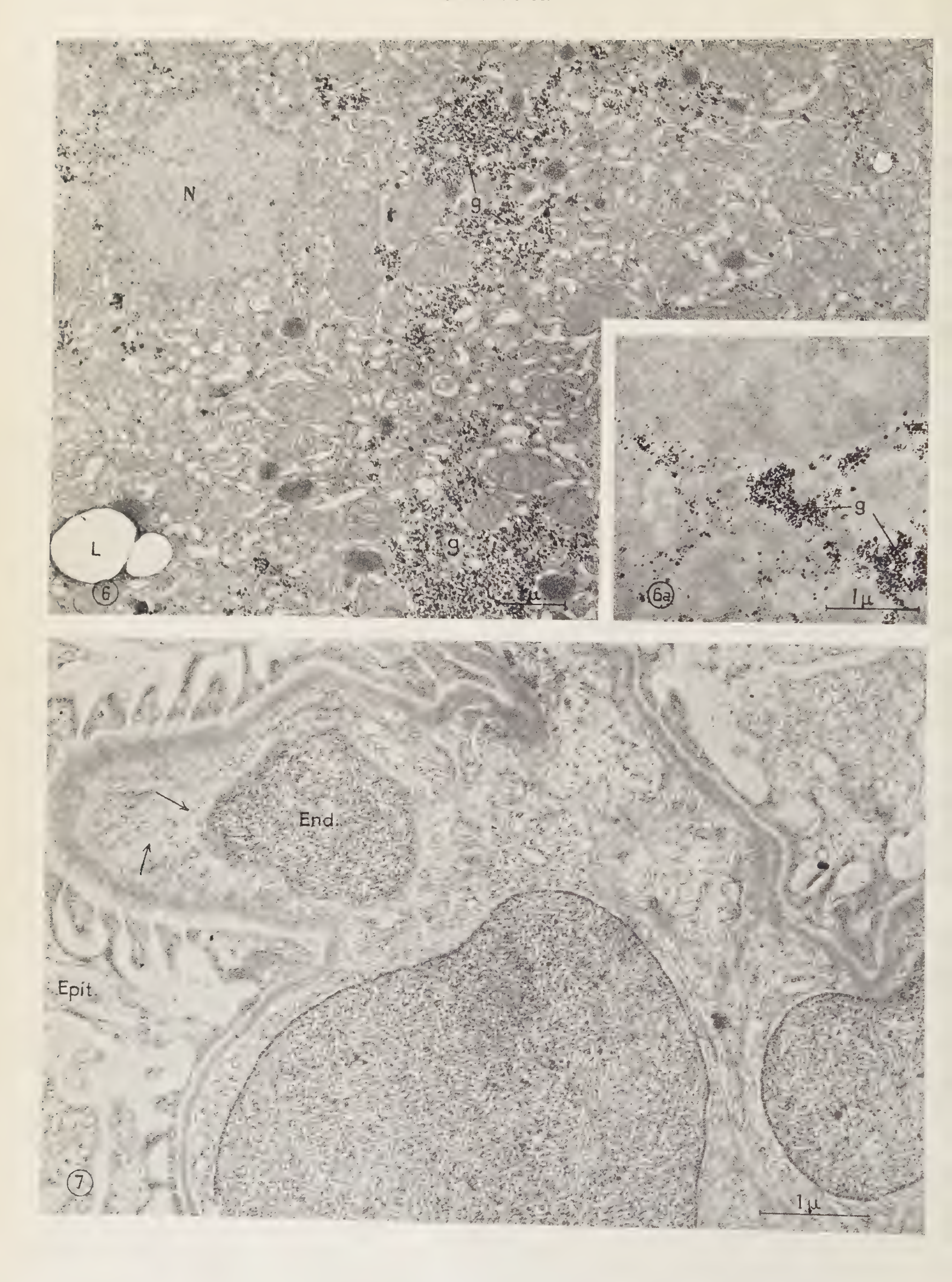
Fig. 5. — Coloration au nitrate d'argent/borax pendant 30 mn, à 60°C sans oxydation préalable. Fig. 5 *a*, foie de souris; Fig. 5 *b*, leucocyte humain; Fig. 5 *c*, pancréas humain; *g*, glycogène.

Fig. 6. — Foie de souris; coloration au nitrate d'argent/borax, après 40 mn d'oxydation à l'acide periodique. L'oxydation fait disparaître les gouttelettes lipidiques (*voir* L.). N, noyau. Fig. 6 *a*, action de l'hyposulfite de soude sur la même préparation.

Fig. 7. — Rein de souris; coloration à l'acide phosphotungstique (APT) dans l'acétone 10 % pendant 1 h, après oxydation à l'eau oxygénée. End, cellule endothéliale; Epit, cellule épithéliale.

PLANCHE I.




N
g
g
L
6
1μ
g
6a
1μ
End.
Epit.
7
1μ


8
1μ
Epit.
9
1μ
End.
Epit.
End.
10
1μ

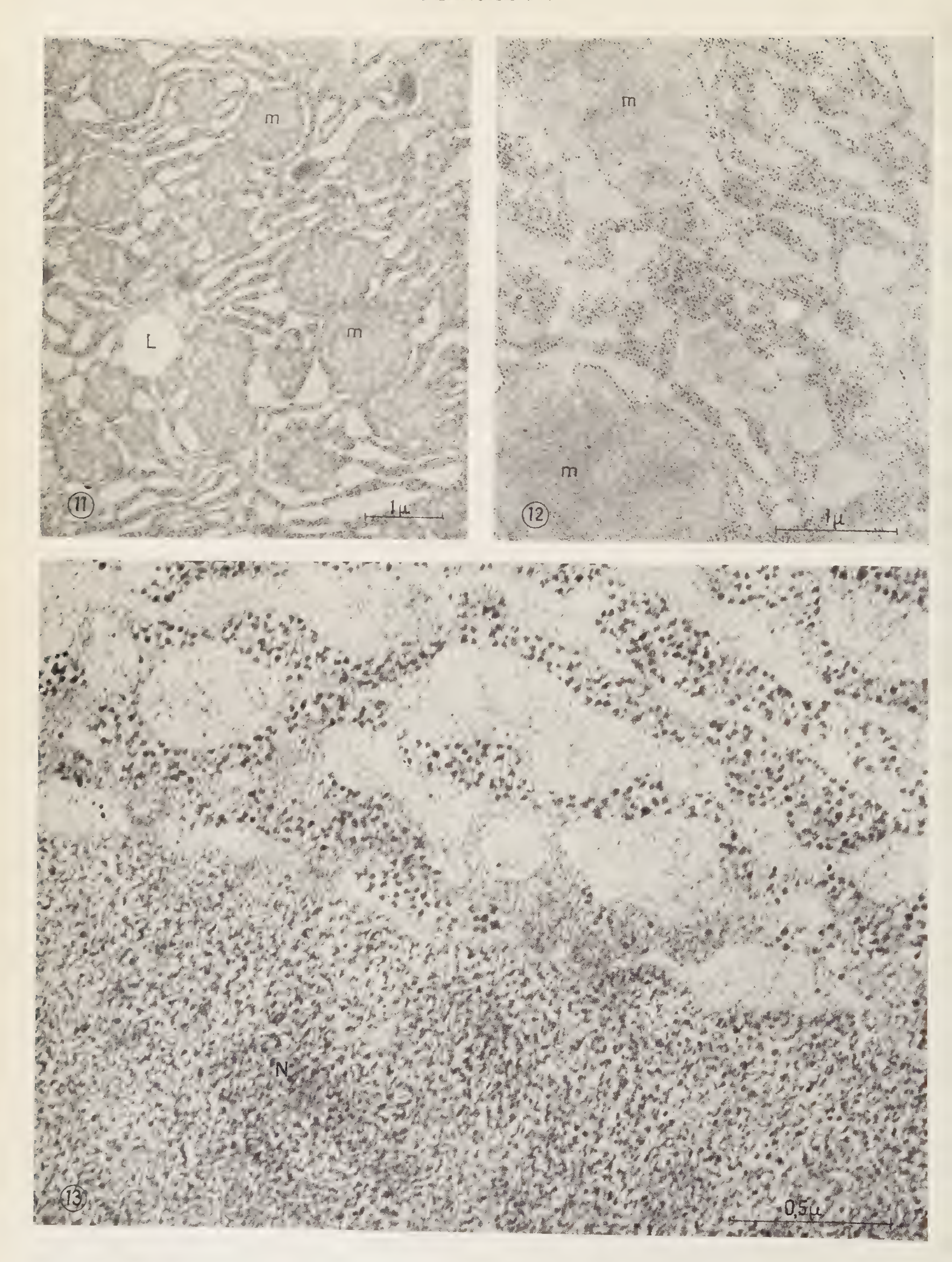

m
m
L
11
1μ
m
m
m
12
1μ
N
13
0,5μ

Fig. 8. — Jonction dermo-épidermique chez le Triton; coloration au APT en solution aqueuse pendant 1 h, après oxydation à l'eau oxygénée.

Fig. 9 et 10. — Rein de souris; coloration au APT en solution aqueuse pendant 1 h, après oxydation à l'acide periodique. End, cellule endothéliale; Epit, cellule épithéliale.

Fig. 11. — Foie de souris; coloration à l'hydroxyde de plomb, après oxydation à l'eau oxygénée, L, gouttelettes lipidiques.

Fig. 12 et 13. — Foie de souris; coloration à l'acétate de plomb alcalinisé à la soude, après oxydation à l'eau oxygénée. *m*, mitochondrie; N, noyau.

certains constituants nucléaires montrent plus de contraste, alors que la densité électronique des cytomembranes demeure faible (*fig.* 3) [*cf.* aussi ([3])]. On peut admettre qu'une partie des phospholipides est éliminée au cours de la déshydratation ([illegible]) et que l'oxydation détruit les doubles liaisons des groupes éthyléniques des acides gras résiduels, les rendant ainsi inaptes à réduire l'acide osmique.

La coloration à l'*acétate d'uranyle* selon Watson ([5]) donne une image sensiblement identique, qu'on applique cette coloration directement sur des coupes de tissus fixés au liquide de Palade ou sur des coupes de ces mêmes tissus après oxydation. On ne remarque, après oxydation, qu'une légère diminution des contrastes (*fig.* 4). L'oxydation préalable ne modifie ni la colorabilité du collagène ni celle des membranes basales.

La solution de *nitrate d'argent* pur ne modifie pas le contraste de tissus fixés au Palade, ni ne recolore les coupes oxydées. Par contre, le traitement par une solution de *nitrate d'argent* à 0,1 %, *alcalinisée au borax* 5 % à pH 8-9 produit, sur les coupes non oxydées, une coloration intense de toutes les cytomembranes par des grains d'argent métallique (*fig.* 5). Après oxydation, on obtient une coloration plus faible des cytomembranes, due à des composés d'argent solubles dans l'hyposulfite (*fig.* 6). Mais, dans les deux cas, un dépôt d'argent métallique colore intensément le glycogène (*fig.* 5 *a* et 6). L'adjonction d'urotropine à ce « colorant » ([1]), ([2]), ([7]) diminue sa spécificité. Le traitement au nitrate d'argent/borax appliqué à des coupes non oxydées mais colorées pendant 45 à 60 mn par l'acide phosphotungstique 5 % ne produit aucun dépôt d'argent métallique au niveau des cytomembranes, ce qui démontre ([1]), ([2]) que l'osmium réduit a été éliminé par l'acide phosphotungstique lui-même (*cf.* aussi ([3])].

L'*acide phophotungstique* à 5 %, en solution dans l'acétone 10 % pendant 1 h, donne après oxydation une recoloration totale assez semblable à la surcoloration sans oxydation préalable (*fig.* 7), mais l'image est plus fine et le contraste des ribosomes augmenté. Par contre, le même « colorant » en solution aqueuse à 5 %, pendant 1 h, ou sa solution dans l'acétone 10 % pendant 5 mn, colore sélectivement le collagène et les membranes plasmatiques de certains types cellulaires (*fig.* 8, 9, 10). Ainsi, au niveau du glomérule rénal ce sont les membranes des cellules épithéliales, alors que dans le foie et le pancréas ce sont celles des cellules endothéliales qui présentent le contraste le plus élevé. Ces observations indiquent que l'acide

phosphotungstique possède une affinité particulière pour les membranes plasmatiques. Sans oxydation préalable des coupes, cette affinité est masquée par l'osmium réduit; mais elle réapparaît dès qu'on les soumet à un traitement prolongé à l'acide phosphotungstique ([8]) qui, comme nous l'avons démontré, élimine l'osmium réduit. Enfin, la solution d'acide phosphotungstique dans l'acétone 10 %, poursuivie pendant 15 mn au moins, colore le glycogène sur des coupes oxydées.

Le traitement par une solution saturée d'*acétate de plomb* pur, pendant 4 à 8 mn après oxydation, ne livre qu'une coloration faible de tous les composants cellulaires. Par contre, l'*hydroxyde de plomb* (*fig.* 11) et l'*acétate de plomb alcalinisé par la soude* ([9]) (*fig.* 12, 13) donnent en quelques minutes, après oxydation, une coloration très intense des ribosomes ainsi que de certains composants granulaires du noyau et du nucléole, l'agent responsable de cette coloration étant vraisemblablement dans les deux cas l'hydroxyde de plomb ([9]). Le contraste particulièrement intense des nucléoprotéines, dans les coupes colorées après oxydation, est à mettre en rapport avec la perte de colorabilité des autres constituants cellulaires, plutôt qu'avec une augmentation de leur affinité pour l'hydroxyde de plomb ([9]), ([10]). La coloration intense des cytomembranes par l'hydroxyde de plomb, dans les conditions ordinaires, est principalement due à la présence d'osmium réduit, comme l'indique leur faible coloration dans les coupes oxydées de tissus fixés à l'osmium, dans celles de tissus fixés au formol ([6]) ou traités par cryo-substitution ([11]).

(*) Séance du 31 juillet 1961.

([1]) V. Marinozzi, *Proc. europ. reg. Conf. Electron Micr.*, Delft, 1960, p. 626-630.
([2]) V. Marinozzi, *J. biophys. biochem. Cytol.*, 9, 1961, p. 121-133.
([3]) H. Swift et E. Rasch, *Scient. Instr.*, 3, 1958, p. 1-4.
([4]) R. D. Dallam, *J. Histochem. Cytochem.*, 5, 1957, p. 178-181.
([5]) M. L. Watson, *J. biosphys. biochem. Cytol.*, 4, 1958, p. 475-478.
([6]) V. Marinozzi, *Experientia* (sous presse).
([7]) H. Z. Movat, *Amer. J. clin. Path.*, 35, 1961, p. 528-537.
([8]) M. G. Farquhar, S. L. Wissig et G. E. Palade, *J. exp. Med.*, 113, 1961, p. 47-66.
([9]) M. L. Watson, *J. biophys. biochem. Cytol.*, 4, 1958, p. 727-730.
([10]) A. J. Dalton et R. F. Zeigel, *J. biophys. biochem. Cytol.*, 7, 1960, p. 409-410.
([11]) L. I. Rebhun, *J. biophys. biochem. Cytol.*, 9, 1961, p. 785-798.

(*Centre de Microscopie électronique de l'Université de Lausanne, Suisse.*)

RADIOBIOLOGIE. — *Sensibilité aux rayons X de levures marquées au* ^{32}P. Note de Mlle **Ethel Moustacchi** et M. **Herbert Marcovich**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Les cellules de levures sans bourgeon et en division sont également sensibles à l'action létale du ^{32}P incorporé. Les désintégrations suppriment la différence de sensibilité aux rayons X entre cellules en phase végétative et en division. Une structure hypothétique phosphorée des levures sans bourgeon serait responsable de la radiosensibilisation et cesserait d'intervenir au moment de la division.

Une population de levures est hétérogène quant à sa sensibilité à l'action létale des rayons X : les cellules en division sont plus radiorésistantes que les cellules en phase végétative ([1]). Cette hétérogénéité se manifeste par une « cassure » de la courbe de survie dont la pente devient plus faible à partir d'un certain taux de cellules survivantes. La fraction de cellules radiorésistantes, déduite de l'extrapolation de la portion à faible pente de la courbe de survie, est sensiblement égale à la fraction de cellules à bourgeon de la population dénombrée au microscope ([2]), ([3]).

Quand une cellule a incorporé, au cours de sa croissance, de fortes quantités de ^{32}P, la désintégration de cet atome peut supprimer l'activité de certaines molécules phosphorées, tels les acides nucléiques (effet suicide). Cette méthode peut permettre de rechercher si la différence de radiosensibilité entre cellules en division et en interphase est liée à une structure de ce type; dans ce cas, on peut prévoir une modification des courbes de survie aux rayons X de levures préalablement marquées au ^{32}P.

Des levures haploïdes de Saccharomyces cerevisiæ, souche 59 RT, ont été cultivées dans un milieu synthétique ([4]), appauvri en phosphore (25 μg/ml) et additionné de ^{32}P (activité spécifique de 15 à 30 mC/mg).

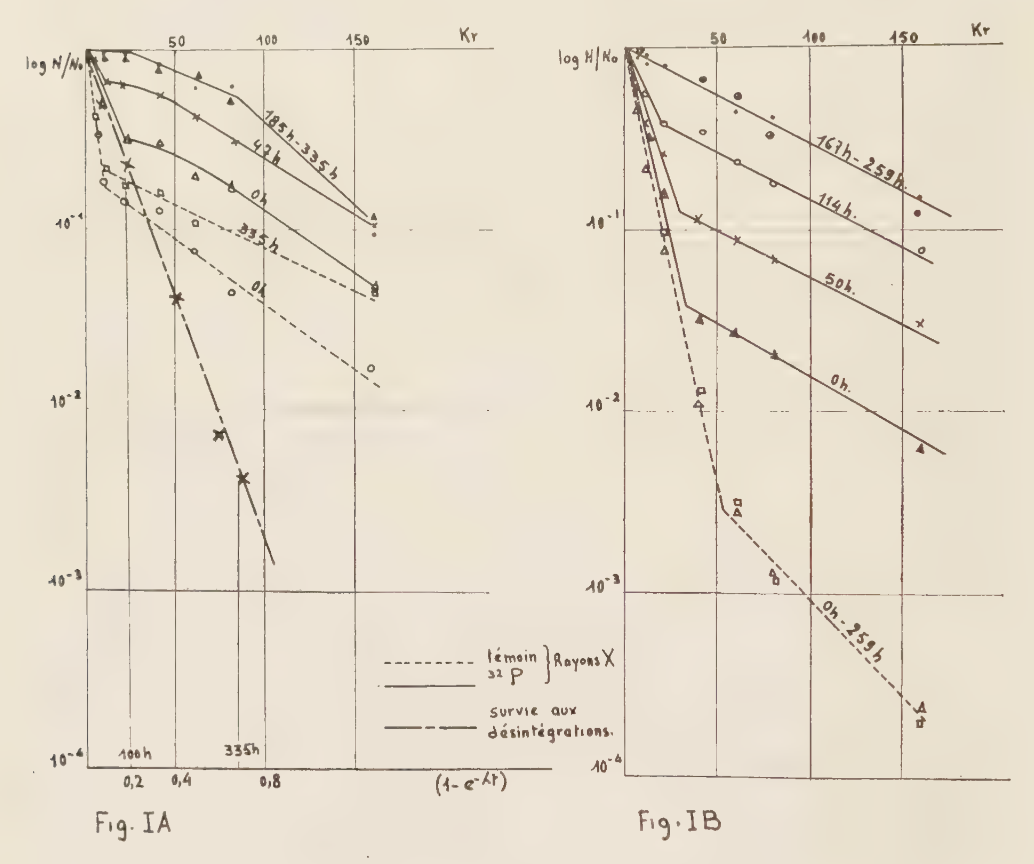
Quand les levures sont encore en période de croissance exponentielle (10^7 cellules/ml), on les lave, on les resuspend dans une solution tampon et on les conserve à 0°C afin de les soumettre pendant des durées variables aux effets des désintégrations du ^{32}P. A différents temps, une fraction de cette culture est prélevée et est irradiée (rayons X de 0,9 Å). Dans toutes les expériences, les étalements sont pratiqués sur de la gélose glucosée à l'extrait de levure.

Les expériences ont donc consisté à suivre en fonction du temps la fréquence des cellules survivantes aux désintégrations, ainsi que l'allure des courbes de survie aux rayons X.

Afin de comparer entre elles des suspensions différentes quant à la proportion de cellules à bourgeon, on a utilisé une suspension arrêtée en croissance exponentielle (37 % de cellules à bourgeon) et une suspension ayant séjourné pendant 4 h dans un milieu carencé en azote, ce qui a pour effet de réduire la fréquence des cellules en division (7 %) ([2]). Les

cultures témoins ne différaient des précédentes que par l'absence de ^{32}P dans le milieu de croissance.

Les résultats sont inscrits dans la figure 1. Conformément à une observation antérieure [5], la courbe de l'effet suicide est une exponentielle (*fig.* 1 A). Autrement dit, cellules à bourgeon et cellules en phase végétative sont également sensibles à l'effet suicide. Des expériences indépendantes ont pu montrer que l'exponentialité s'observe jusqu'à 10^{-4} survivants au moins. Dans les mêmes conditions, les rayons X donnent lieu à une courbe



Abscisses : Dose en kilorads (*haut*). Pour la figure 1 A l'abscisse du bas représente la fraction des atomes désintégrés.

Ordonnées : Logarithme de la fréquence des survivants.

Fig. 1 A. — On a représenté sur le même graphique :

a. La survie aux rayons X des échantillons non radioactifs (témoins). Le séjour prolongé à 0° ne fait pas perdre la radiorésistance des cellules à bourgeon et n'a aucun effet létal par lui-même.

b. La survie aux rayons X d'une suspension de levures non carencées, radioactives (^{32}P). Pour plus de clarté, on n'a pas représenté les différentes courbes de survie situées entre 47 h. et 185 h.

c. La survie aux seules désintégrations du ^{32}P.

Fig. 1 B. — Courbes de survie aux rayons X, de cultures carencées en azote, marquées au ^{32}P ou non radioactives (témoin). On voit que dans la limite des temps étudiés, les désintégrations n'ont plus aucune influence sur la courbe de survie aux rayons X lorsqu'elles ont éliminé la fraction radiosensible.

cassée typique. Ainsi l'hétérogénéité de radiosensibilité n'a pas d'équivalent dans l'effet létal du ^{32}P.

Dans les deux expériences des figures 1 A et 1 B, la fréquence des cellules radiosensibles décroît en fonction des désintégrations du ^{32}P jusqu'à la disparition de la cassure de la courbe de survie. Cette diminution s'observe d'ailleurs pendant la croissance des levures en milieu radioactif, comme en témoignent les courbes des échantillons marqués puis immédiatement irradiés (temps 0) comparées à celles des témoins.

Puisque la courbe de survie à l'effet suicide est exponentielle, la proportion relative des cellules viables avec et sans bourgeon doit être constante. Or on constate une diminution progressive de la fraction radiosensible de la population. On peut donc conclure que cette disparition n'est pas liée à la mort des cellules en interphase, mais à la perte de leur radiosensibilité particulière par rapport aux cellules en division. La constance de la pente de la deuxième portion des courbes de survie permet de conclure que leur sensibilité devient égale à celle des cellules à bourgeon.

Ces résultats suggèrent que la différence de radiosensibilité des cellules en division et en interphase serait liée à un état transitoire des cellules végétatives, se modifiant normalement au moment de la division. Qu'il soit affecté par la désintégration du ^{32}P indique qu'il pourrait s'agir d'un acide nucléique ou de ses précurseurs (6), (7).

(1) A. LACASSAGNE et F. HOLWECK, *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 1221.

(2) C. A. BEAM, R. K. MORTIMER, R. WOLFE et C. A. TOBIAS, *Arch. Biochem. Biophys.*, 49, 1954, p. 110.

(3) C. A. BEAM, *Rad. Res.*, Suppl. 1, 1959, p. 372.

(4) P. GALZY et P. SLONIMSKI, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2423.

(5) E. MOUSTACCHI, *Bioch. Biophys. Acta*, 36, 1959, p. 577.

(6) Ce travail a été réalisé avec l'assistance technique de Mme M. O. Jouanneau.

(7) Ce travail a bénéficié d'une subvention de l'Atomic Energy Commission (U. S A.).

(*Service de Radiobiologie et de Cancérologie de l'Institut Pasteur.*)

CANCÉROLOGIE. — *Clones cellulaires « hybrides », isolés à partir de cultures cellulaires mixtes.* Note (*) de M. **Georges Barski**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Des clones cellulaires de type « hybride » ont été isolés à partir de cultures mixtes de deux souches de cellules de souris ayant respectivement un très haut et un très bas pouvoir cancéreux. Les 15 clones ainsi obtenus manifestaient tous une malignité élevée et permanente.

Dans de récentes Communications ([1]), ([2]), nous avons rapporté la mise en évidence, dans une association *in vitro* de deux souches de cellules adaptées en culture depuis plusieurs années par Sanford et coll. ([3]) et ayant des caractères marqueurs distincts, d'une nouvelle cellule M cumulant les chromosomes ainsi que certains caractères biologiques des deux composants.

Les deux souches qui ont servi à l'association provenaient, l'une de la lignée N 1 hautement cancéreuse pour les souris isologues C 3 H, l'autre de la lignée N 2 ne donnant chez les mêmes souris que de très rares tumeurs à évolution retardée et lente. Les cellules M, apparues dans les cultures mixtes, montraient un avantage sélectif vis-à-vis de la lignée N 1 *in vitro* et vis-à-vis de la souche N 2 *in vitro*. Ainsi, les tumeurs obtenues lors de l'inoculation de ces cultures à la souris C 3 H étaient essentiellement composées de cellules de type M. Notre première étude des propriétés des cellules M ([2]) avait été effectuée sur des populations cellulaires issues de ces tumeurs, où la présence d'un résidu de cellules N 1, N 2, ou de cellules de l'hôte n'était pas exclue.

L'objet de ce travail a été :

1° de répéter les expériences antérieures d'association de cellules N 1 et N 2, afin d'isoler les cellules M directement à partir des cultures mixtes, avant tout passage sur l'animal;

2° d'étudier les caractéristiques des cellules M en populations pures obtenues par clonage;

3° d'étudier, au cours de passages répétés, la stabilité de ces caractéristiques.

A cette fin, nous avons associé, en culture mixte *in vitro*, 5.10^6 cellules de la souche N 1 T 7 (dérivée de la souche N 1) et autant de cellules de la souche N 2. Les vérifications effectuées avant cette association ont révélé : 1° Pour la N 1 T 7, un caryotype à nombre modal de 55-56 chromosomes, uniquement télocentriques; et un pouvoir de produire, avec un million de cellules des tumeurs à évolution rapide, tuant en moins de 50 jours 100 % des souris inoculées; 2° Pour la N 2, un nombre modal de 62 chromosomes parmi lesquels 10-12 métacentriques; et absence de toute tumeur chez 35 souris inoculées, chacune avec 2 millions de cellules.

Soixante-dix-huit jours après l'association, nous avons effectué un clonage à partir de cultures mixtes, et avons pu établir cinq lignées cellulaires pures de type M, portant les n°s 5, 6, 7, 9 et 10.

Parallèlement, nous avons cloné les souches cellulaires MST 3 et MST 5 provenant des tumeurs d'expériences précédentes, où la sélection en faveur des cellules M s'est opérée spontanément. Nous avons obtenu par ce moyen des lignées cellulaires clonales n°s 1, 2, 4, 12, 17, 19, 20, 21 et 22.

Morphologiquement, ces lignées se ressemblaient, présentant toutes des points communs à la fois avec les cellules de type N 1 et avec celles du type N 2.

L'analyse des caryotypes a révélé des nombres chromosomiques, groupés surtout autour des valeurs 100-115, mais avec étalement de chiffres assez considérable. Des chromosomes métacentriques étaient présents régulièrement, leur nombre variant entre 3 et 11. Certains de ces chromosomes rappelaient nettement ceux de la lignée N 2. Le chromosome télocentrique extra-long, caractéristique des souches N 1, était reconnaissable uniquement dans le clone M n° 2.

Toutes les lignées clonales M, après inoculation à l'animal, se sont montrées hautement malignes : tous les animaux (69/69) inoculés avec un million de cellules en provenance de différents clones M, ont succombé en moins de 50 jours, avec des tumeurs atteignant en moyenne 20 mm de diamètre. Cependant, histologiquement ces tumeurs à grosses cellules rondes ou polygonales différaient distinctement des sarcomes fusicellulaires produits par les cellules N 1, ainsi que des tumeurs anaplasiques à petites cellules rondes apparaissant parfois avec la souche N 2 ([4]).

TABLEAU I.

Caractéristiques de cellules clonales M communes avec...	N 1.	N 2.
Morphologie cellulaire :		
Ramifications et prolongements cytoplasmiques	+	
Enchevêtrements en cultures riches	+	
Membranes cytoplasmiques arrondies		±
Tendance à arrangement en mosaïque		+
Cellules géantes de grande étendue		+
Chromosomes :		
Plus de 90 % de chromosomes télocentriques	+	
Chromosomes télocentriques extra-longs	parfois	
Chromosomes à deux bras toujours présents		+
Production de tumeurs :		
Période de latence de six jours ou moins	+	
100 % de tumeurs avec 1 million de cellules ou plus	+	
Rapidité de croissance	+	
100 % de mortalité de souris en moins de deux mois		+
Faible croissance sur membrane chorioallantoïdienne		+
Production facile d'infection latente avec le virus du polyoma		+

Deux autres caractères, celui de produire facilement des associations stables avec le virus infectieux du polyome, ainsi que celui de ne donner qu'une croissance faible sur la membrane chorioallantoïdienne d'œufs embryonnés de poulets, rattachaient ces souches plutôt à la N 2 qu'à la N 1.

Dans le tableau I nous avons analysé les caractéristiques de souches clonales M, qu'elles ont en commun, soit avec la N 1, soit avec la N 2.

Conclusions. — Dans quatre expériences conduites indépendamment, [dont une en dehors de notre laboratoire ([5])], l'association *in vitro* de cellules d'une lignée hautement cancéreuse N 1 et d'une lignée N 2 apparentée mais quasi non cancéreuse, a abouti à l'apparition de cellules M, cumulant certaines caractéristiques chromosomiques, morphologiques et biologiques des deux lignées mises en association.

Les 14 lignées cellulaires clonales de type M, isolées soit directement des cultures mixtes, soit des tumeurs animales dans lesquelles la sélection en faveur des cellules M s'est opérée spontanément, se sont révélées très semblables.

Le caryotype de ces cellules, tout en étant variable dans certaines limites, maintenait son aspect intermédiaire et dans une certaine mesure additif, comportant des chromosomes métacentriques identifiables de la souche N 2 et un excès de chromosomes télocentriques propre à la souche N 1, avec parfois un chromosome marqueur de cette souche.

Malgré plusieurs caractères des cellules M communs avec la souche N 2, leur pouvoir de produire des tumeurs était de même ordre que celui de la souche hautement cancéreuse N 1, bien que leur aspect histologique restait différent. Dans l'ensemble, les propriétés des clones M se sont montrées stables pendant une période d'observation approchant actuellement une année.

A la lumière de ces données, il semble se confirmer que l'interaction entre cellules somatiques en culture *in vitro* avec transfert ou recombinaison de leur matériel génétique et formation de cellules de type nouveau, doit être envisagée comme un des modes possibles de leur transformation *in vitro*.

(*) Séance du 28 août 1961.

(1) G. Barski, S. Sorieul et Fr. Cornefert, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1825.

(2) G. Barski, S. Sorieul et Fr. Cornefert, *J. Nat. Cancer Inst.*, 26, 1961, p. 1269-1290.

(3) K. K. Sanford, G. D. Likely et W. R. Earle, *J. Nat. Cancer Inst.*, 15, 1954, p. 215-237.

(4) G. Barski, J. L. Biedler et Fr. Cornefert, *J. Nat. Cancer Inst.*, 26, 1961, p. 865-875.

(5) S. Sorieul et B. Ephrussi, *Nature*, 190, 1961, p. 653.

(*Institut Gustave-Roussy, Laboratoire de Culture de tissus et Virologie, Villejuif, Seine.*)

La séance est levée à 15 h 30 m.

L. B.